Die Fjordbildungen.

Ein Beitrag zur Morphologie der Küsten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

von der

Philosophischen Fakultät der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

genehmigt

und nebst den beigefügten Thesen

öffentlich verteidigt

am 20. Januar 1894

von

PAUL DINSE

aus Berlin.

OPPONENTEN:

Herr KARL OHNESORGE, Dr. phil.,
Herr MORITZ VON ROHR, Dr. phil.,
Herr EDUARD LENTZ, Dr. phil.

Berlin 1894.

Druck von W. Pormetter.

Die Fjordbildungen.

Ein Beitrag zur Morphologie der Küsten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

von der

Philosophischen Fakultät der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

genehmigt

und nebst den beigefügten Thesen

öffentlich verteidigt

am 20. Januar 1894

von

PAUL DINSE
aus Berlin.

OPPONENTEN:

Herr KARL OHNESORGE, Dr. phil.,
Herr MORITZ VON ROHR, Dr. phil.,
Herr EDUARD LENTZ, Dr. phil.

Berlin 1894.

Druck von W. Pormetter.

Mit Genehmigung der Philosophischen Fakultät ist hier nur ein Teil der eingereichten Arbeit vorgelegt. Dieselbe wird vollständig mit Beigabe der Tabellen und Kartenblätter in einem der ersten Hefte des Jahrgangs 1894 der „Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin“ erscheinen.

Meinen teuren Eltern

in

Liebe und Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535707_0104

Einleitung.

Das letzte grofse Zeitalter der Entdeckungen wird in unseren Tagen zu Ende gehen. Die Erforschung der Länder und Meere in der alten und neuen Welt ist nahezu vollendet, so dafs eine räumliche Erweiterung der Erdkunde anders als in bescheidenen Grenzen bald nicht mehr möglich sein wird.

Die Aufgaben der wissenschaftlichen Erdkunde sind aus diesem Grund im Lauf der letzten Jahrzehnte andere geworden. Das einst von ihr verfolgte Ziel war die Feststellung des Thatsächlichen, die Kenntnis und Beschreibung der auf der Erdoberfläche vorkommenden Formen. Die Entdeckungsreisen lieferten ein stetig anwachsendes Material. Bald erkannte man die ungeheure Mannigfaltigkeit der Formgebilde auf der Erdoberfläche und gelangte zum Bewufstsein der Notwendigkeit einer systematischen Ordnung des aufgespeicherten reichen Schatzes von Beobachtungsergebnissen.

Diese Sichtung geschah zuerst nach der unvollkommenen Methode der Gruppierung des gewonnenen Materials nach räumlichen Gesichtspunkten zum Zweck der encyklopädischen Beschreibung bestimmter Erdräume[1]). Als dann eine immer reicher werdende Fülle vergleichbaren Beobachtungsmaterials zuströmte und der Blick sich so erweiterte, schritt man von dieser synthetischen Verarbeitungsmethode zu einer höheren, analytisch zu nennenden Art geographischer Darstellung fort. Man lernte die mehr oder minder willkürlichen Erdraumsschranken übersehen, man begann die Gesamtheit des durch Beobachtung und Messung gewonnenen, in chorographischen Beschreibungen niedergelegten Materials zu betrachten, man fand gewisse allgemeine, für Forschung und Darstellung verwendbare leitende Gesichtspunkte auf.

Diese Art der Sichtung ist die zur Zeit allgemein anerkannte Ver-

---

[1]) v. Richthofen, Aufgaben und Methoden, 1883, S. 31 f.

arbeitungsmethode. Ihr Ergebnis ist die „allgemeine Geographie“ unserer Lehrbücher. Durch vergleichende Betrachtung der Erscheinungen auf der ganzen Erdoberfläche hat man gewisse Kategorien und unter diesen wieder bestimmte Typen der Formgebilde kennen gelernt. Man bemüht sich, in diese die verwirrende Fülle des Stoffes einzuordnen. Seit mehr als zwei Jahrhunderten arbeitet man hieran, und manche mustergültige Versuche weitgehender Systematisierung sind die Erfolge, welche diese Thätigkeit gezeitigt hat. Von einem abschliefsenden Ergebnis sind wir aber noch sehr weit entfernt. Noch immer gelingt es, neue Typen aufzufinden; bei der doch immerhin noch oberflächlichen Kenntnis der Erdräume ist der von bestimmten Gesichtspunkten ausgehenden Spekulation der weiteste Spielraum gelassen; vor allem aber fehlt es überall an der genauen Kenntnis der das eigentliche Wesen eines anerkannten Typus ausmachenden Merkmale.

Trotzdem hat man sich in unseren Tagen eine noch höhere Aufgabe gestellt. Indem nämlich die systematisierende, auf geographische Vergleichung begründete Betrachtungsweise naturgemäfs zur Erkenntnis von Wirkungen führt, die unter gleichen Bedingungen regelmäfsig wiederkehren, und so zur Auffindung allgemein gültiger Gesetze verhilft, veranlafst sie zur Annahme der Existenz eines stets obwaltenden Verhältnisses zwischen Ursache und Wirkung. Die Geographie hat auch ihrerseits teilgenommen an der neuen Richtung der Naturgeschichte, deren Grundzug nicht mehr die reine Beschreibung, sondern die Erklärung von Erscheinungen ist. In einer Art historischer Auffassung schildert sie nicht mehr chorographisch, wie die Dinge sind, sondern chorologisch, wie sie geworden sind, in welcher Weise die verschiedenen Kräfte, mannigfach kombiniert, zur Entstehung der wechselnden Formen und Erscheinungen zusammengewirkt haben.

Die erstaunliche Vervollkommnung der technischen Hülfsmittel und die grofsen Fortschritte der Naturwissenschaften in dem letzten Jahrhundert haben die ergebnisreiche Verfolgung dieses Ziels ermöglicht. Schon viele treffliche Arbeiten haben an ihrem Teil ihr Ziel, die morphologische Erfassung der Erscheinungen auf der Erdoberfläche, erreicht, schon mancher der auf dem Weg der Analyse aufgefundenen Typen ist genetisch aufgefafst und erklärt worden. In den weitaus meisten Fällen jedoch scheitern die Versuche, eine Kategorie von Formenerscheinungen unter Berücksichtigung des Kausalverhältnisses zu betrachten, an dem ungenügenden Stand des zu Grunde liegenden Materials.

Wenn wir heute die allgemeine Geographie als den Kampfplatz oft sehr weit auseinander gehender Theorien erkennen, so ist dies eine Folge unserer noch mangelhaften Kenntnis. Ein schon häufig zitiertes Wort

Leopold von Buch's weist darauf hin, dafs, so lange es noch möglich sei, bei der Erklärung eines physikalischen Phänomens gleichsam eine Wahl zwischen mehreren Erklärungsarten zu gestatten, unsere Kenntnis dieses Phänomens noch nicht für vollständig und erschöpft gelten könne. Es fehlt in der That auch nach jahrhundertelanger Arbeit noch an gutem Material, an der für die Lösung verwickelter Probleme nötigen Basis einer hinreichenden Menge von Beobachtungen und Messungen.

Diesem Mangel mehr und mehr abzuhelfen, schickt man in unserer Zeit Expeditionen aus, nicht zu Entdeckungszwecken, sondern um der Wissenschaft als solcher zu dienen, weniger zur Erweiterung, als zur Vertiefung unserer Kenntnisse. Der Thätigkeit daheim bleibt es dann vorbehalten, durch Prüfung und Bearbeitung der Ergebnisse dem Ziel, der morphologischen Auffassung der Erscheinungen, nachzustreben.

Die nachfolgende Abhandlung beschäftigt sich mit der Erörterung eines Themas, welches wohl mit am meisten umstritten ist, mit der Frage der Fjordbildungen. Sie will keinesfalls den Versuch wagen, den Streit um die Ursachen derselben zu entscheiden; es ist dies zur Zeit geradezu eine Unmöglichkeit, da es eben noch völlig an der genügenden Menge guten Beobachtungs- und Messungsmaterials fehlt. Der Verfasser hält es für seine Pflicht, sich der Ableitung allzu positiver Schlufsfolgerungen zu enthalten, zumal da ihm eine auf Autopsie gegründete Kenntnis der Fjordbildungen leider gänzlich abgeht. Da aber die im zweiten Teil der Abhandlung versuchte Kritik der bisher aufgestellten Theorien ohne Parteinahme für eine bestimmte Ansicht ein farbloses Bild geben würde, so möge schon hier ausgesprochen sein, dafs diese Parteinahme zu Gunsten einer gemäfsigten Glacialerosionstheorie erfolgt ist. Dem Verfasser ist es ergangen, wie schon manchem anderen, der sich mit ähnlichen Problemen befafste. Im Anfang der Glacialerosionstheorie durchaus abgeneigt, ist er im Lauf der Zeit zu der Überzeugung gelangt, dafs nur mit ihrer Hülfe die Mehrzahl der bei den Fjordbildungen nachweisbaren Erscheinungen befriedigend erklärt werden kann.

Ihre Hauptaufgabe sieht die nachfolgende Arbeit in einer durch Anwendung der vergleichenden Methode zu erreichenden Feststellung des Fjord-Typus. Ihre Thätigkeit verläuft zum grofsen Teil innerhalb des Rahmens der analytischen Betrachtungsweise der allgemeinen Geographie. Jedem, der sich einmal auch nur flüchtig mit der Frage der Fjordbildungen beschäftigt hat, wird sicherlich die aufserordentliche Dürftigkeit des allen theoretischen Ausführungen zu Grunde liegenden Materials aufgefallen sein. Überall dieselben wenigen Beispiele! Überall wiederkehrend dieselben Vermutungen, die gleichen auf unerwiesenen

Voraussetzungen aufgebauten Schlüsse. Der Verfasser möchte im folgenden dem bestehenden Widerstreit der Ansichten durch eine Zusammenstellung und Verarbeitung des aus Karten und der Literatur zu entnehmenden Materials eine zum Teil neue, jedenfalls sicherere Grundlage geben. Er hofft auf diese Weise zur Klärung der Anschauungen beitragen und eine endgültige Lösung des Problems vorbereiten zu können.

I.

Zur Morphographie der Fjordküsten.

1. Übersicht über die wichtigsten Fjordregionen.

Der Begriff „Fjord" ist weder dem Inhalt noch dem Umfang nach genau festgestellt, obschon seit nunmehr fünfzig Jahren die Fjordküste als ein besonderer Küstentypus Aufnahme in jedes Werk allgemein geographischen Inhalts, in jedes Handbuch, sei es nun der Geologie oder der Geographie oder der Ozeanographie, gefunden hat.

Die morphographischen Eigentümlichkeiten gewisser Meeresbuchten waren natürlich schon früh von aufmerksamen Reisenden beachtet worden. Cook[1]) wie Darwin[2]) hatten sie bei ihren Besuchen des Feuerlandes kennen gelernt. Die Aufstellung des Typus verdankt man jedoch erst dem amerikanischen Geologen James D. Dana.

In den Jahren 1838—42 begleitete derselbe die grofse Expedition des Admirals Charles Wilkes, die von der Regierung zu Washington zur Erforschung der pazifischen Küste Amerikas und einiger Inselgruppen des Grofsen Ozeans ausgesandt wurde, und hatte hierbei Gelegenheit, sowohl den südlichsten Teil der südamerikanischen Anden-Küste, als auch das Küstengebiet von Britisch-Kolumbia kennen zu lernen. Heimgekehrt, veröffentlichte er in dem offiziellen Reisebericht der Wilkes' Exploring Expedition[3]), ebenso wie später in dem American Journal of Science einige kleine Abhandlungen über die Eigentümlichkeiten der Formen, die er an den beiden erwähnten Küstenstrecken beobachtet hatte und die er zuerst mit den in Norwegen und Schottland schon längst bekannten Fjorden auf eine Stufe stellte.

In allen diesen Arbeiten definierte er die Fjorde[4]) als enge Kanäle, die wie künstliche Wasserstrafsen in das Land bis zu einer grofsen Entfernung von der Küste einschneiden. Er machte dann auch noch

---

[1]) Peschel, Neue Probleme. 2. Aufl. 1876, S. 20.

[2]) Darwin, A naturalist's voyage. New edition 1890, S. 199.

[3]) Dana, U. S. Exploring Expedition under the command of Charles Wilkes, Vol. X: Geology. Philad. 1849, S. 675—678.

[4]) Dana a. a. O. S. 675.

auf die grofse Tiefe dieser Einschnitte, die Steilheit der Wände über und unter dem Wasserspiegel und endlich auf das durch das gesellige Auftreten derselben geschaffene unregelmäfsige Netzwerk von Wasserverbindungen aufmerksam[1]).

Siebzehn Jahre später veröffentlichte, ohne Dana's Arbeiten zu kennen, O. Peschel als einen Teil seiner „Neuen Probleme zur vergleichenden Erdkunde" den Abschnitt über die Fjordbildungen[2]), der unter allen Abhandlungen des geistreichen und gewandten Verfassers als der beste gilt. Er begann mit den Worten: „Fjorde sind steile und tiefe Schluchten an Festlands- und Inselküsten. Sehr häufig dringen diese Einschnitte senkrecht oder unter sehr steilen Winkeln in das Land hinein." Peschel erhob natürlich nicht den Anspruch, mit diesen wenigen Worten eine richtige Definition zu geben; da er aber leider verabsäumt hat, am Ende seines Aufsatzes, nachdem er mit Hülfe seines vergleichenden Verfahrens zu manchem wichtigen Ergebnis gekommen war, eine alle wesentlichen Merkmale berücksichtigende, kurz zusammengefafste Begriffsbestimmung anzufügen, so war es nicht anders möglich, als dafs diese wenigen der Abhandlung vorangestellten Worte verwirrend wirken mufsten. Dana und Peschel haben es durch ihre Definitionen verschuldet, dafs manche Darsteller der Küstenformen bestimmt wurden, den Fjordcharakter, den jene durch ihre weiteren Deduktionen nur für ganz bestimmte Küstenstrecken annahmen, den verschiedenartigsten Küstenteilen beizulegen. So hat F. G. Hahn in seinen „Inselstudien" überall, wo er ein Eingreifen des Meeres in der Gestalt zackiger Meeresbuchten und eine damit in Zusammenhang stehende Abgliederung von Inseln gewahrte, von Fjorden und fjordähnlichen Gebilden gesprochen, und zwar ohne einen Unterschied zwischen beiden Bezeichnungen zu machen. Ähnlich finden wir es bei S. Günther[3]), und auch A. Supan rechnet in seinen „Grundzügen der physischen Erdkunde"[4]) manche Küsteneinschnitte und Meeresstrafsen, die Dana und Peschel nicht genannt hatten, zu den Fjordbildungen.

In neuester Zeit hat dann F. von Richthofen[5]) versucht, durch Einführung des Unterschiedes zwischen Fjorden und Rias die Verwirrung zu beseitigen. Diese Unterscheidung hat bisher noch nicht

---

1) American Journal of Science Ser. II 7, 1849, S. 377—380.

2) Peschel a. a. O. S. 9ff.

3) Handbuch der Geophysik und physikalischen Geographie II, 1885, S. 463—465.

4) S. 200—203.

5) von Richthofen, Führer für Forschungsreisende, 1886, S. 306—310.

Aufnahme in die Lehrbücher finden können. Th. Fischer hat sie in seinen Marburger Vorlesungen über „Allgemeine Geographie“ angenommen; auch die Karte „Seetiefen, Küsten, Häfen u. s. w.“ in Berghaus' „Physikalischem Atlas“[1]) trennt die beiden Küstentypen. Von anderer Seite ist sie dagegen abgelehnt worden[2]), und die folgende Erörterung möchte zeigen, dafs eine scharfe Trennung zwischen Fjord- und Rias-Typus zwar natürlich geboten, aber etwas anders zu begründen ist, als F. von Richthofen dies thut.

Der beste Weg, um zur Klarheit über die Verbreitung der Fjordküste zu kommen und eine genaue Definition des Begriffes „Fjord“ zu geben, wird der sein, dafs man zunächst die morphographischen Eigentümlichkeiten derjenigen Küsteneinschnitte, die allgemein als dem Fjord-Typus zugehörig anerkannt sind, genau betrachtet und darauf mit Benutzung der hierdurch gewonnenen Ergebnisse die Erdgegenden und Küstenstrecken, für die Hahn, Günther, Supan u. a. den gleichen Charakter in Anspruch nehmen, auf ihre Zugehörigkeit hin prüft. Wenn wir auf diese Weise manche obiger Meeresbuchten als fjordartige, die meisten dagegen als zwar fjordähnliche, aber doch in wesentlichen Punkten von den wahren Fjorden verschiedene Bildungen erkannt und damit die Grenzen der Fjordverbreitung kennen gelernt haben, wird sich die Erörterung leicht zu dem Historischen der Fjordtheorien hinüberführen lassen.

Allgemein anerkannt ist der Typus der Fjordküste in Europa an der Westküste Norwegens und Schottlands, an der Nordwestküste Irlands und auf den Inseln des arktischen Inselringes, also auf Island, Spitzbergen, Franz-Josefsland und Nowaja Semlja. Auf der westlichen Kontinentalinsel erkennt man den Fjordtypus allseitig an auf Grönland und den Inseln des arktischen Archipels; ferner an der Ostküste des amerikanischen Festlandes vom Kap Chidley bis zu den Küsten des Staates Maine bei Portland und an der Westküste von Alaska bis zur Grenze des englischen und amerikanischen Besitzes. In Süd-Amerika zerschneiden Fjorde die Anden-Küste von Puerto Montt und der Insel Chiloë bis zum Feuerland hinab. Australien scheint nur mit der Südinsel von Neuseeland und den Auckland-Inseln, wo schon vor Hochstetter und von Haast Dana Fjorde aufwies[3]), an der Erscheinung teilzunehmen. Afrika hat keine Fjordküste; ebenso müssen wir auch Asien vor der Hand übergehen. Dagegen sind auch auf den Inseln

[1]) Abteilung II: Hydrographie, Bl. IV.

[2]) J. Rein in seiner Besprechung von Harada, „Die Japanischen Inseln“. Verh. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin, XVII, 1890, S. 551.

[3]) American Journal of Science Ser. II 7, 1849, S. 380.

des antarktischen Inselringes wie auf denen des arktischen allgemein Fjordbildungen beobachtet worden, ja die Fjordbuchten von Kerguelen gelten mit als die am typischsten ausgestalteten.

Es liegt nun in der Natur der Sache, dafs wir uns im folgenden nur auf diejenigen Gebiete zu beschränken haben werden, die nach dem Stand ihrer Erforschung einige Aussicht gewähren, dafs wir in ihnen die Eigentümlichkeiten der Fjordformen deutlich erkennen können. Es sind dies hauptsächlich Norwegen, Schottland, Irland, und soweit es bekannt ist, auch Grönland; in Amerika die Küste von Neufundland, Maine und Britisch-Kolumbia und in Australien Neuseeland. Nur für die Fjorde dieser Gegenden steht uns ein einigermafsen befriedigendes Kartenmaterial zu Gebot. Die anderen Fjordgebiete werden nur selten zum Vergleich und zum Erweis ihrer gleichen Gestaltung herangezogen werden können.

Es wird die späteren Betrachtungen erleichtern, wenn wir schon hier am Anfang unserer Darstellung eine möglichst kurz gefafste allgemeine Schilderung der wichtigsten, durch Fjordbildungen ausgezeichneten Küstengebiete zu geben versuchen Die Rücksicht auf die späteren Erörterungen mag die Auswahl derselben erklären und die ungleiche Behandlung entschuldigen.

Norwegen und Schottland mit den Gruppen der Shetlands, Orkneys und Hebriden sowie einem Teil von Wales und Irland sind Stücke eines grofsen Gebirgszuges, der, von E. Suefs das Kaledonische Gebirge genannt[1]), in vordevonischer Zeit durch eine nordwestlich gerichtete Bewegung in Falten gelegt und erhoben wurde. Er besteht demgemäfs fast ausschliefslich aus Felsarten des archaischen und paläozoischen Zeitalters.

Dieses Gebirge wurde nach der Ansicht von E. Suefs später durch Versenkungen, von denen gewaltige Brüche an der schottischen und norwegischen Küste Zeugnis geben, in drei Teile zerlegt. Das Meer, welches heute Norwegen und Schottland und dieses von Irland trennt, liegt auf dem in die Tiefe gesunkenen Gebirgsteil.

Der gebirgige Teil der Skandinavischen Halbinsel besteht seinem geologischen Bau nach aus zwei deutlich unterschiedenen Zonen. Die eine ist die archaische Zone des äufsersten Nordwestens, die über die Halbinseln und Inseln, von Magerö über Kvalö, Sorö und Sjeiland bis zum Vest-Fjord zu verfolgen ist und dann auf die Inselreihe der Lofoten hinübersetzt. Eine Linie leicht erkennbarer Dislokationen trennt dann nach Osten dieses westliche Gneisgebiet von dem fest-

[1]) E. Suefs, Antlitz der Erde II, 1888, S. 92 f. Ich folge für die geologischen Bemerkungen im wesentlichen dessen Ausführungen.

ländischen Hauptteil des norwegischen Gebirgslandes. Dasselbe besteht aus einem archaischen Unterbau mit einer Decke untersilurischer Felsarten. Während es sich aber im Norden als ein Tafelland darstellt, legen sich weiter im Süden schon von der Gegend des Ostufers des Vest-Fjordes ab die geschichteten Gesteine in lange Falten, aus deren Antiklinalen die Gneise und Granite des Unterbaus hervortreten. Dieses Faltungsgebiet nimmt gegen Süden an Breite zu, bis es in der Gegend des Hardanger-Fjordes das ganze südliche Norwegen ausfüllt. Hier streichen die Falten südwestlich gegen das europäische Nordmeer aus. Die Ostgrenze dieses ganzen Gebietes bildet die flache Auflagerung der silurischen Schichten auf die archaische Tafel des baltischen Schildes.

Die heutigen Formen dieses Berglandes entsprechen nun in keiner Weise dem nach dem geologischen Bau zu erwartenden Aussehen. Man ist über den orographischen Gesamtcharakter des skandinavischen Gebirges lange im Unklaren gewesen[1]). Nachdem die Ansicht von der Existenz eines einheitlichen langen und wilden Gebirgszuges, des Kjölen, aufgegeben war, hat lange Zeit hindurch der Forsell'sche Vergleich mit einer brandenden Sturmwelle grofsen Beifall gefunden. Auch Suefs hielt früher die Halbinsel für eine einzige ungleichförmige Falte von grofser Amplitude[2]). Die neueren Forschungen haben zu einem etwas abweichenden Ergebnis geführt. A. Helland teilte nämlich[3]) denjenigen Teil der Halbinsel, der die am auffälligsten wechselnden Formen des Reliefs zeigt, durch parallele Linien in eine Anzahl gleich grofser Quadrate, ermittelte die höchsten Erhebungen in denselben und verglich dann diese Höhen. Es ergab sich das einfache Gesetz, dafs von der Westküste an nach Osten jedes Quadrat eine höhere Erhebung aufweise als das vorangegangene, und dafs dieses Verhältnis sich fortsetze bis zu einer bestimmten Linie, von der aus dann nach Osten die Höhe wieder abnähme. Er erklärte Norwegen für ein Plateau, das von einer bestimmten Kammlinie aus sich im südlicheren Teil nach Osten und Westen, im nördlicheren mehr nach Nordwesten und Südosten abdache. Die Linie gröfster Erhebung zeigte sich völlig unabhängig vom geologischen Bau des Landes.

Da also hierdurch klargestellt war, dafs die durch eine energische Faltung bedingten Formen bis auf eine gewisse, flach ansteigende, gerundete Wölbung beseitigt worden sind, so wurde es hiermit wahr-

---

[1]) F. G. Hahn, Schweden und Norwegen. Länderkunde von Europa II 1, 1890, S. 316f.

[2]) Suefs, Entstehung der Alpen, 1875, S. 151.

[3]) Penck, Norwegens Oberfläche. Ausland 1882, S. 190.

scheinlich, dafs Norwegen als ein gewaltiges Abrasionsgebirge aufzufassen sei. Über die Zeit der Abrasion läfst sich sicheres noch nicht festsetzen; doch scheint seit der Juraperiode das Abrasionsplateau nur noch der Arbeit der atmosphärischen Agentien ausgesetzt gewesen zu sein.

Heute fällt dieses grofse durch Abrasion geschaffene Rumpfgebirge in der Gestalt eines mäfsigen Steilrandes zum Niveau des europäischen Nordmeeres hin ab. Dieser Steilabfall ist aber in einem aufserordentlich hohen Grad zerrissen und zertrümmert, so dafs man nur schwer die einstige unverletzte Küstenlinie wieder herzustellen vermag. Der Festlandsrand selbst ist durch weiteingreifende Buchten in eine Folge fast unzähliger Halbinseln und Vorgebirge zerteilt. Den Inselkranz nennen die Norweger *skjaergaard*, die Schärenflur; die einschneidenden Meeresbuchten führen meist den Namen *fjord*, die Wasserstrafsen zwischen dem Festland und den Inseln und zwischen diesen selbst den Namen *sund*. Eine Konsequenz der Benennungen ist allerdings nicht zu bemerken; denn häufig findet man auch für offene Strafsen den Namen *fjord*, und auch andere Bezeichnungen, wie *sjö* und *botten* sind vielfach angewandt.

Fjordbildung, Halbinselabschnürung und Inselabtrennung treten überall miteinander verbunden auf, aber der Reichtum und die Mannigfaltigkeit der Inselwelt hängt nicht allerorten von dem Mafs der Grofsartigkeit der Fjordbildung ab. Ganz glatt verlaufende Küstenstrecken und völlige Inselarmut sind in Norwegen ungemein selten. Man findet beide eigentlich nur an der durch den Wogenprall des Ozeans gefahrvollen und unwirtlichen Küste Jäderen und an deren südlicher Fortsetzung bis zum Eingang des Flekke-Fjord kurz vor der Halbinsel von Farsund, an der nur die Insel Ekerö am Eingang des Ekersundes bemerkenswert ist. Aber auch der übrige Teil der norwegischen Südküste bis zur Einfahrt in die grofse Bucht von Kristiania scheint seine ursprüngliche Form annähernd bewahrt zu haben. Mit Ausnahme der kurzen Strecke zwischen Farsund und der Landzunge des Kap Lindesnaes, welche eine gewisse Anhäufung von Einschnitten aufweist, ist hier die Fjordbildung und Auflockerung in Inseln unbedeutend und ohne typische Formen.

Vom Eingang des bei Stavanger sich öffnenden Bukken-Fjordes bis zu der das Nordkap tragenden Insel Magerö erreicht dagegen die Zertrümmerung des Steilabfalls der Küste ihren höchsten Grad. Diese ganze Strecke zerfällt in zwei grofse Teile, die durch den kurzen Teil zwischen dem Eingang des Trondhjem-Fjordes und dem Folden-Fjord und dem Vigten-Archipel von einander geschieden werden. An Grofsartigkeit der Küstenentwickelung stehen sich beide Teile gleich. Doch während

der südlichere, also der Kreisbogen zwischen Bukken-Fjord und Trondhjem-Fjord, in den die bekanntesten Fjorde, der Hardanger-, Sogne-, Nord- und Romsdals-Fjord einschneiden, in seinen Inseln sich ziemlich allmählich herabsenkt, tritt in den nördlichen, um so auffallender je weiter man nach Norden kommt, auf dem Festland wie auf den Inseln, die wilde Alpenwelt des nordwestlichen Gneisgebiets in steilen Abfällen unmittelbar an die Küste heran. Vom Salten-Fjord und dem Beginn der Inselreihe der Lofoten bis hinauf zum Alten-Fjord ist der Formenreichtum am gröfsten.

In dem kurzen Zwischenraum, der den nördlichen und südlichen Teil scheidet, ist die Zerstückelung der Festlandsküste durch Fjorde gering; dagegen ist hier die Schärenflur das Gewirr kleiner und kleinster Inseln, Klippen und kaum sichtbarer Riffe, am grofsartigsten entwickelt. Im Gegensatz zu diesem Teil ist die Nordküste Skandinaviens zwar fjordreich, aber inselarm. Weite lange Meeresbuchten schneiden hier in das nur wenig gebirgige Land ein; ihre Ufer sind noch zackig und vielfach eingebuchtet; aber von Magerö ab nach Osten finden sich nur wenige niedrige Inseln von sehr geringem Umfang.

Die Länge der skandinavischen Küste beträgt nach einer Messung, welche die Einschnitte unberücksichtigt läfst, nur 4500 km; mit Einrechnung aller Buchten, Einschnitte und Fjorde würde sie sich nach Strelbitzky jedoch auf nicht weniger als 27 000 km, also um das Fünffache vermehren[1]). Nach Reclus[2]), der nur Norwegen betrachtet, lassen die Fjorde die Küstenlänge von 1900 km der ungenauen Messung auf 13 000 km anwachsen.

Der Grundbau des heute schottischen Teiles[3]) des alten Kaledonischen Gebirges läfst manche Analogie mit dem des skandinavischen Gebirges erkennen. Der Gneiszone der Lofoten entspricht in Schottland das Gebiet archaischer Felsarten, welches von Kap Wrath bis zum Loch Broom den Festlandsrand, weiter im Westen aufser der Inselreihe der Hebriden die Inseln Coll und Tiree bildet. Wie in Norwegen der Vest-Fjord, so liegt hier der Minch-Kanal auf diesem Gneisgebiet. Diese Zone wird nach Südosten begrenzt durch eine Linie heftiger Störungen, die auf dem Festland vom Loch Eriboll bis zum Loch Carron verläuft, dann einen Teil der Halbinsel Sleat von der vulkanischen Insel Skye abschneidet und sich zwischen Coll und Tiree einerseits und der Insel Mull andererseits fortsetzt. Südöstlich von

1) F. G. Hahn a. a. O. S. 327.
2) Reclus, La Terre II, 1869. S. 167.
3) Suefs, Antlitz der Erde II, 1888, S. 94 f.

dieser Linie bestehen die schottischen Hochlande bis zu der grofsen Bruchlinie, die vom unteren Clyde bis Stonehaven an der Ostküste verläuft, zum Teil aus metamorphischen Gebilden, welche sich einer genaueren Altersbestimmung entziehen, aber jedenfalls nicht jünger als Silur sind. Die Streichrichtung der sehr gestörten Schichtmassen, welche teilweise nach Nordwesten überschoben sind, ist im allgemeinen Südwest-Nordost. Aber auch hier sind die grofsen Erhebungen der Zeit bis zum Silur durch Abrasion zum gröfsten Teil beseitigt worden, so dafs der Rundblick von irgend einer Erhebung sofort feststellt, dafs sämtliche Kämme und Gipfel eine imaginäre, leicht gewölbte Fläche berühren.

Den Ostrand der Hochlande bilden zu einem grofsen Teil alte devonische rote Sandsteine, die auch die Orkneys und fast die ganzen Shetlands-Inseln zusammensetzen. Im Süden trennt sie der Graben der Lowlands, in dem neben diesen Sandsteinen auch die Gebilde der Karbonzeit durch eine Versenkung erhalten sind, von einem neuen silurischen, den Hochlanden sehr ähnlichen, nur niedrigeren Horst.

Die schottische Fjordküste beschränkt sich auf den westlichen und einen Teil des nördlichen Abfalles der Hochlande. Südlich von der Mündung des Clyde hören Fjordbildungen vollständig auf. Im allgemeinen ist der Charakter der schottischen Westküste dem der norwegischen gleich, doch ist hier die ehemalige Küstenlinie nicht so leicht wiederherzustellen als dort. Abgesehen von der Zerstückelung durch Fjorde scheinen in Schottland Verwerfungen, namentlich im südlichen Teil die beiden grofsen Bruchlinien, deren Zeugen im Inland die Linie des Kaledonischen Kanals und die südliche Begrenzungslinie der Grampian Mountains sind, die Formen der Küstenzone beeinflufst zu haben. Am besten entwickelt ist der Fjord-Typus auf der westlichen Küstenstrecke zwischen der Insel Mull und Kap Wrath. Eine Schärenflur wie in Norwegen findet sich nicht; die gröfseren Inseln überwiegen. Nur die Inselkette der äufseren Hebriden erinnert durch ihren Inselreichtum an das Klippengewirr der Lofoten.

Auch das nordirische Fjordgebiet[1]) fällt völlig zusammen mit den Fortsetzungen des schottischen Berglandes, die in den Erhebungen von Donegal und den Rücken von Mayo und Connemara zu Tag treten. Die ursprünglichen Formen sind auch hier geschwunden; kein Centralmassiv, keine Bergkette erinnert noch an das Faltungsgebirge der Silurzeit Im Süden dieses südwestlich gerichteten Zuges breitet sich die grofse centrale Ebene Irlands, eine weite Tafel flachgelagerten Kohlenkalkes, aus. Wo diese Tafel an die Küste tritt, also in

[1]) Suefs a. a. O. S. 100.

der Galway-Bai und am Fufs der Mourne Mountains, endet die Fjordküste.

Die irischen Küsteneinschnitte sind gering an Zahl, von wenig ansehnlicher Gröfse und ohne besonders typische Formen. Die meisten Fjordbuchten sind bereits von den in sie einmündenden Flüssen zugeschüttet. Am zerrissensten sind die Küsten der Halbinsel von Connaught, wo sich sowohl Fjordbildung wie Inselabtrennung in reicherem Mafs vereint findet.

In Schottland wie in Irland bezeichnet man die in das Land eindringenden Meeresarme als *loch* (irisch: *lough*) = *lac*, *lacus*, und unterscheidet sie als *sealochs* von den Binnenseen, den *freshwaterlochs*.

Von den zu Europa zu zählenden Inseln des europäischen Nordmeeres und des Eismeeres mögen Spitzbergen und Nowaja Semlja hier nur erwähnt werden, da der ungenügende Stand der Erforschung derselben uns weder einen Überblick über den inneren Bau noch die äufsere Gestaltung möglich macht. Auch über die Inselgruppe der Faröer und Island nur einige wenige Worte! Die ersteren sind durch Sundbildungen völlig zerstückelt und gewähren dasselbe Bild wie die schottischen Inselgruppen der Orkneys und Shetlands. Im Gegensatz aber zu diesen zum gröfsten Teil aus devonischen Felsarten bestehenden Inseln ist es hier ein aus miocänen Eruptivgesteinen, meist Trapp, gebildetes, im Mittel 300 m hohes Plateau[1]), in welches die Fjorde eindringen. Island ist besonders im Nordwesten, weniger im Norden und Osten, durch Fjordbildungen ausgezeichnet. Es ist dies das Gebiet der älteren tertiären Basalte. Die Südküste dagegen, das Gebiet jungeruptiver Bildungen, ist flach und ungegliedert.

Die gewaltige Insel Grönland ist von allen Fjordgebieten dasjenige, in dem die Morphologie der Fjordbildungen am besten studiert werden kann. Leider ist aber sowohl der Bau des Landes als die Umrisse desselben bisher nur in den allgemeinen Grundzügen bekannt.

Die Zusammensetzung des grönländischen Gebirgslandes aus Gesteinen der ältesten Erdperioden, aus altem grauen Gneis, aus Glimmerschiefern, Hornblenden, Graniten und Syenit, läfst darauf schliefsen, dafs auch Grönland ein abradiertes Plateau ist; wenigstens haben sich deutliche Spuren einer Abrasion[2]) der einstigen nordöstlich gerichteten Falten fast überall im Westen bis zum Humboldt-Gletscher hinauf auffinden lassen. Auf dem abradierten Grundbau haben sich an einzelnen Stellen, so namentlich an der Westküste von der Disko-Insel und der

[1]) Baumgartner, Island und die Faröer, 1889, S. 58.

[2]) Suefs a. a. O. II, S. 89 ff.

Halbinsel Nugsuak ab nördlich, Ablagerungen der Kreide- und Tertiärzeit unter einer Basaltdecke erhalten und bilden dort einen dem Gneisgebirge vorgelagerten Küstensaum. Über den südlichsten Teil der Ostküste hat die letzte Veröffentlichung Nansen's[1]) einigen Aufschluſs gebracht und nachgewiesen, daſs über den aus Gneis bestehenden Grundbau einige Syenitgruppen hoch aufragen. Die Küste Grönlands muſs nach allen Berichten und nach den genauen dänischen Seekarten ein der norwegischen im wesentlichen analoges Bild gewähren. Die Ostküste ist uns zur Zeit noch sehr mangelhaft bekannt; doch wissen wir, daſs aufser vielen kleinen Einschnitten groſse Fjorde, wie der Sermilik, der Scoresby- und der Franz-Josefs-Fjord, in das unbekannte Innere einschneiden. An der besser bekannten Westküste ist der südliche Teil am meisten zerstückelt. Von der Disko-Bucht ab, also in dem erwähnten nördlichen Trappgebiet, nimmt der Reichtum an Fjordeinschnitten ab; doch schneiden auch hier noch einmal der Fjord von Umanak und die etwas nördlicheren Fjorde zwischen den beiden Halbinseln Nugsuak und Svartenhuk bis zum Uvkusigsats-Fjord tief in den eisfreien Gneisrand ein. Nach der langen Küstenstrecke der Melville-Bai, die nach den bisherigen Berichten wenn auch nicht völlig ungegliedert, so doch buchtenarm zu verlaufen scheint, weisen dann die östlichen Küsten des Smith- und Kennedy-Sundes wieder eine groſse Anzahl kleinerer und mehrere groſse Fjordeinschnitte auf.

Wie ähnlich der Gesamteindruck der südlichen Fjordregion dem der norwegischen Küste ist, dafür diene die Schilderung eines Norwegers als Zeugnis. Nansen beschreibt das Bild der Küstenzone am Ausgang des Ameralik-Fjordes mit folgenden Worten: „In den Strahlen der untergehenden Sonne sahen wir das Meer, die vielen gröſseren und kleineren Inseln vor uns liegen. Die weichen gesättigten Farbentöne des Himmels spiegelten sich im Meer wieder, das die dunklen Inselchen und Schären umwogte. Wir hielten mit dem Rudern inne, — ein Gefühl der Heimat überkam uns. Genau so liegen die wetterzerklüfteten Inseln daheim im Meer. Der aufspritzende Meeresgischt, der liebkosende Sonnennebel umgiebt sie, und dahinter erhebt sich das Land, erstrecken sich die Fjorde. Kein Wunder, daſs unsere Vorfahren sich von diesem Land angezogen fühlten!“[2])

Das Fjordgebiet des amerikanischen Ostens gehört in seinem nördlichen Teil, also auf Baffins-Land und auf Labrador, dem selbständigen hohen Gneisgebirge an, welches die silurische und

1) Wissenschaftliche Ergebnisse von Dr. F. Nansen's Durchquerung von Grönland 1888. Peterm. Geogr. Mittlgen, Erg.-Heft 105. 1892. S. 53—64.

2) Nansen, Auf Schneeschuhen durch Grönland II, 1891, S. 196.

devonische Umrandung des kanadischen Schildes vom Meer trennt. Dieses alte Gebirge ist fast auf seiner ganzen Erstreckung von Fjorden zerstückelt. Die Entwickelung ist am grofsartigsten an den Küsten der Cumberland-Halbinsel auf Baffins-Land. Gegen Süden werden die Einschnitte kleiner; doch ist gerade das südliche Labrador wieder besonders fjord- und inselreich. Leider genügen aber die Untersuchungen dieses ganzen Gebietes durch Rob. Bell[1]) und Boas[2]) noch nicht, um über die Ursache des Wechsels des allgemeinen Küstencharakters an verschiedenen Stellen dieser langen Zone klar zu sehen. Der südliche Abschnitt der ostamerikanischen Fjordküste, also die Küste von Neu-Fundland, Neu-Braunschweig, der Halbinsel Neu-Schottland und des Staates Maine, ist die ozeanische Begrenzungszone des nördlichsten Teiles jenes grofsen Gebietes paralleler nordöstlich gerichteter Falten, welches den Osten der Vereinigten Staaten einnimmt. Das ganze Bergland östlich vom St. Lorenzstrom besteht aus mehreren parallel von S nach N streichenden, durch silurische Streifen getrennten Zonen laurentinischer Gneise und huronischer krystallinischer Schiefer. In die gröfste derselben, ein welliges Hügelland, schneiden die Fjorde von Maine ein; sie schwenkt dann nach Nordosten um, begrenzt die Fundy-Bai und setzt sich darauf jenseits der Champlain-Lorenzo-Kluft auf Neu-Fundland fort. Ob das Gebiet der Fundy-Bai und die Insel Neu-Fundland zu den echten Fjordregionen zu zählen ist, kann zweifelhaft erscheinen. Es wird nötig sein, an späterer Stelle hierauf noch zurückzukommen.

Wenden wir uns nun zu dem amerikanischen Westen, so fällt es sofort in die Augen, dafs sowohl das Fjordgebiet des kolumbischen Nordens wie das des patagonischen Südens der Unterbrechung einer niederen Küstenkette durch das Meer ihre besondere Form und die Anordnung der Fjordbuchten in zwei parallelen Küstenzonen verdanken. Im Norden ist die westliche Kette des grofsen westamerikanischen Faltungssystems, die heute noch in der grofsen Vancouver-Insel, den Königin Charlotte-Inseln und dem Thlinkithen-Archipel aufragt, zuerst in der San Juan de Fuka-Strafse und dann nördlich noch mehrfach unterbrochen. Dem Meer wurde so die Überflutung des tertiären Muldenthales zwischen ihr und dem Kaskadengebirge ermöglicht. Die Wasserbedeckung beginnt hier mit dem Strafsengewirr des Puget Sound und des Admiralty Inlet. Nördlich davon sind sowohl die Westküsten der Inseln als auch die des Festlandes von Fjorden und Sunden in Halbinseln und Inseln aufgelöst. Die Fjordentwickelung ist am reich-

[1]) Report on Hudsons Bay. Geolog. Survey of Canada. Report for 1879/80.
[2]) Boas, Baffinland. Peterm. Geogr. Mittlgen., Erg.-Heft 80. 1885.

sten an dem Ostufer der Straſse von Georgia, wo die groſsen Howe-, Jervis-, Toba- und Bute Inlets in das Kaskadengebirge eindringen und nördlich bis zum Portland Channel. Die Inselabschnürung ist am stärksten im Thlinkithen-Archipel. An der Küste von Alaska treten beide Erscheinungen etwas zurück, um dann aber an der Südküste der Halbinsel Alaska wieder deutlich vereint hervorzutreten.

Im Süden ist es die chilenische Küstenkordillere, die südlich vom Kanal de Chacao in einzelne Stücke, wie die Insel Chiloë, den Chonos-Archipel und die Halbinsel Taytao, zerteilt ist. Die chilenische Mulde zwischen dieser Kordillere und der Hauptkette der Anden ist so in ihrem südlicheren Teil schon von der Region der groſsen Seen der Provinz Llanquihue ab überflutet. Die Buchtenbildung ist in diesem Teil noch gering. Von der Halbinsel Taytao ab aber wird die bisher untergeordnete, aus Glimmerschiefern, Thonschiefern untermischt mit Granit und Grünstein bestehende Küstenkette die eigentliche Hauptkette. Von den Inseln tritt sie auch auf das Festland selbst über und bedingt durch ihre allmähliche Abschwenkung nach Osten die Form der Südspitze des Kontinents. Auch hier vermag das Auge die eigentliche Küstenlinie sofort zu erkennen, doch von festländischem Zusammenhang der Küstenzone ist wenig zu bemerken. Vom Golf von Peñas ab besteht das ganze Gebiet aus einem Gewirr groſser und kleiner Inseln. Es ist die Sundbildung, die hier bedeutend überwiegt und so groſsartig auftritt, daſs die Küstenzerstückelung selbst die der norwegischen Küste übertrifft.

Das letzte Fjordgebiet, welches einer eingehenden Betrachtung wert ist, ist der südlichste Teil der Westküste der Neuseeländischen Südinsel. Der Fjordcharakter ist hier erst spät erkannt worden. Dana machte zuerst darauf aufmerksam, die Karte Hochstetter's brachte den sicheren Erweis, von Haast's und Hector's Untersuchungen bestätigten die früheren Beobachtungen. In neuester Zeit hat von Lendenfeld das neuseeländische Fjordgebiet geschildert.

Der nördliche Teil der Insel ist erfüllt von einem groſsen Faltungsgebirge. Der Hauptkamm liegt nahe der Westküste und wird von mehreren östlichen Nebenkämmen begleitet. Er wird gebildet durch eine Zone vereinzelter langgestreckter gneisischer Kerne, der sich im Westen eine schmale paläozoische Scholle und einzelne Reste pliozäner Bildungen vorlegen. Dieser Teil der Westküste verläuft völlig glatt und buchtenlos. Ungefähr vom 44° ab breitet sich das Gebirge jedoch zu einem weiten, im Mittel 1600 m hohen Plateau aus[1]), dem keine erheblich hohen Gipfel entragen. Sein steiler Abfall ist nach Westen,

[1]) von Lendenfeld, Australische Reise, 1892, S. 169. 181.

der sanftere nach Osten gerichtet. Es besteht aus alten Gneisen. Suefs[1]) hält dieses Gneisgebiet für den Kern eines einseitigen Faltungsgebirges, welches nordwestlich streichend im Südteil der Insel mit mit einem anderen nordöstlich verlaufenden, dem heutigen Rückgrat der Insel, zusammentraf. Nur dieses Gneisgebiet, welches seine flache Wölbung wohl auch einer einstigen Abrasion verdankt, ist durch Fjordbildung ausgezeichnet. An der 125 km langen Küstenstrecke finden wir 13 grofse Fjorde; zuerst sind es nur scharfeingeschnittene Fjordbuchten, zwischen denen die Küstenlinie glatt und ungegliedert verläuft. Weiter im Süden folgen kompliziertere, mehr horizontal als vertikal ausgebildete Fjorde. Vom Breaksea-Sund beginnt in der Resolution-Insel die Inselabtrennung; sie nimmt nach Süden zu und erreicht im Dusky-Sund ihr höchstes Mafs.

Die Südküste ist unzerstückelt; dagegen weist die Stewart-Insel, ein Teil des südlichen Faltungsgebirges, wieder einige Einschnitte auf.

Es wäre möglich, schon auf Grund dieser allgemeinen Übersicht über die Fjordgebiete einige Schlüsse zu ziehen. Es wird sich aber empfehlen, Folgerungen erst dann hervorzuheben, wenn eine genaue Definition des Fjordbegriffes die Feststellung der Grenzen der Fjordverbreitung ermöglicht hat.

2. Die übermeerischen Formen der Fjorde.

Der Name „Fjord“ stammt, wie erwähnt, aus Norwegen; in schwedischer Sprache kommt dasselbe Wort in der Form *fjärd*, in Island als *fjörður*, auf den Faröern als *fjördur* vor. Gleichbedeutend mit dem englischen *firth* und dem deutschen Wort „Föhrde“, kommt der Name ursprünglich jeder Meeresbucht zu. Seitdem aber durch Dana der Fjord-Typus aufgestellt wurde, ist die Bezeichnung zum *terminus technicus* geworden und darf seither nur für Küsteneinschnitte angewandt werden, die den ganz bestimmten und unverkennbaren Charakter der norwegischen Meeresbuchten zeigen.

Diesen eigentümlichen Charakter an den norwegischen Fjorden und den als *lochs*, *inlets* und *sounds* bezeichneten Einschnitten der anderen als Fjordküsten hingestellten Küstenstrecken hervorzuheben, ist die nächstliegende Aufgabe.

Die vorangegangene Übersicht der Fjordregionen wird zu einem Schlufs geführt haben, der so nahe liegt, dafs er einer besonderen Hervorhebung eigentlich nicht bedürfte. Das gesellige Auftreten der Fjorde ist schon von Dana und Peschel erkannt worden. Wir finden Fjordbildungen stets in grofser Anzahl auf weite Küstenstrecken hin

[1]) E. Suefs a. a. O. S. 182 f.

verteilt; abgesehen von den kleinen Inseln ist die 125 km lange neuseeländische Fjordküste mit ihren 13 Fjorden das kleinste Fjordgebiet. Wo Fjordeinschnitte auftreten, sind es ihrer gleich eine grofse Anzahl, und überall, wo Fjordküsten sich an andere Küstenstrecken anschliefsen, tritt der Wechsel der Küstengestaltung ohne Überleitung durch unausgeprägte Formen ein.

Diese Thatsache regionaler Anhäufung unterscheidet die Fjorde von allen anderen Küstengliederungen.

Die Betrachtung der übermeerischen Teile der Fjorde wird zur Zeit noch sehr erschwert durch den grofsen Mangel an guten Karten der Fjordgebiete. Wir sind im Grund angewiesen auf die freilich mustergültige *Topografisk kart over kongeriget Norge* und die ebenfalls trefflichen Karten der *Ordnance Survey of Scotland*. Allerdings ist jene so wenig weit vorgeschritten, dafs wir aufser der Umgebung von Kristiania nur einige Blätter von den Fjordregionen um Bergen und Trondhjem und ein Blatt vom Sogne-Fjord besitzen. Auch für Schottland fehlen noch mehrere Blätter der typischsten Fjordgegend zwischen Skye und Mull. Für alle anderen Gebiete stehen aufser den Seekarten nur Übersichtskarten zu Gebot.

Innerhalb der einzelnen Fjordküstenstrecken lassen sich zwei Arten von Fjord-Individuen unterscheiden. Die erste Art sind die beiderseitig offenen Fjordstrafsen, die fast überall Sunde oder Strafsen, seltener Fjorde genannt werden. Zur Sundbildung und der damit stets verbundenen Inselabschnürung kommt es entweder durch Konvergenz zweier Fjordbuchten oder durch die Kreuzung derselben durch Meeresstrafsen, die der Küstenlinie parallel ziehen. Im ersteren Fall, wenn also zwei Fjorde unter spitzen Winkeln ins Land schneidend sich treffen, entsteht innerhalb dieser Gabel eine dreieckige Insel mit schmaler Grundlinie und langen Schenkeln. In Neuseeland schneiden der Thompson-Sund und der Doubtful-Sund die einem rechtwinkligen Dreieck sehr ähnliche, aufserordentlich regelmäfsige Secretary-Insel ab. Da aber derartige gröfsere Inseln durch kleinere Fjorde meist unregelmäfsig gestaltet, oft auch durch Fjordstrafsen ihrerseits wieder in Inselstücke aufgelöst werden, so ist diese Erscheinung selten so deutlich zu erkennen. An der Südspitze Grönlands kreuzen sich die Fjorde der Ost- und Westküste. Der Prinds Christians-Sund und der Torsukatak-Ilua-Fjord treffen auf einander und schneiden die ganze südliche Spitze von dem Hauptland ab; aber auch die das Kap Farvel tragende Insel wird in derselben Weise wieder von der Christians IV.-Insel abgetrennt. Würde der Itivdlek-Fjord nur ein wenig weiter in das Land hineinschneiden, so würde er durch seine Vereinigung mit dem Söndre Ström-Fjord (Kangerdluksuak) eine Insel von sehr deutlicher Dreiecksform

absondern. Es ist leicht, andere Beispiele hierfür in jedem Fjordgebiet aufzufinden.

Die Inselabschnürung durch Sunde, die der Küste parallel laufen, ist bedeutend häufiger zu bemerken. Es mag hier der Hinweis auf die westamerikanische Küste genügen, wo sowohl im Norden wie im Süden die grofsen und kleinen Inseln ihre Inselnatur der Verbindung kleinerer zur Küste senkrechter und einer langen, ihr parallelen Strafse verdanken.

Schon unsere Eingangsübersicht hat gezeigt, dafs an den verschiedenen Fjordküsten Gebiete gröfserer Sund-Entwickelung mit solchen, in denen die Fjordbuchten überwiegen, abwechseln.

Die eigentlichen, nur einseitig gegen das Meer geöffneten Fjorde sind die andere Art. Sie erstrecken sich weit in das Land, verzweigen sich dort und setzen sich meist überseeisch in Gebirgsthälern, die häufig von Seenreihen erfüllt sind, bis in die höchsten Gebirgs- oder Plateauhöhen fort. Seltener, meist in den auf gewöhnlichen Karten verschwindenden kleinen Einschnitten, reicht die Wasserbedeckung bis an den steilwandigen Thalabschlufs.

Einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der Morphographie der Fjorde hat Fr. Ratzel in seinem Aufsatz: „Über Fjordbildungen an Binnenseen“[1]) geliefert. Zum Schlufs dieser Abhandlung giebt er eine Zusammenstellung der allgemeinsten Ergebnisse einer vergleichenden Betrachtung der Binnenfjorde der amerikanischen Seen und der Küstenfjorde von Maine und Columbia. Man hat dieselben mit einigem Recht als allgemeine „Regeln zur Beurteilung des physiographischen Verhältnisses einer Erdgegend, die auf ihre Zugehörigkeit zu den Fjordregionen zu prüfen ist“[2]), aufgefafst. Diese Zusammenstellung kann jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, ebenso wenig wie die Allgemeingültigkeit der Regeln aufser Zweifel steht. Ratzel betrachtet in dem erwähnten Aufsatz drei Fjordregionen, von denen die Zugehörigkeit der einen sehr fraglich ist, während die beiden anderen als die am wenigsten typischen gelten müssen. Aus diesem Grund sind nur zwei dieser Regeln als allgemein richtig anzuerkennen.

Ratzel schreibt den Eindruck der Einheitlichkeit, den die Fjordregionen, in der Horizontalen betrachtet, machen, einmal dem durchgreifenden Parallelismus, der sich in der Richtung der Elemente einer Fjordküste, also der Halbinseln, Landzungen, Inseln, Klippen, Buchten und Strafsen zeige, und dann der geringen Breite der Wasserstrafsen zu[3]). „Die Fjordbildungen sind unter sich gewöhnlich auf weite

[1]) Peterm. Geogr. Mitteilgen. 1880, S. 387 ff.
[2]) Günther, Lehrbuch der Geophysik, 1885, II, S. 464 Anm. 3.
[3]) Ratzel a. a. O. S. 395.

Strecken parallel, doch werden sie durch Gebirge, welche an die Küste herantreten, gegen die Gebirge hin abgelenkt.“ Ratzel bemerkte an der nordöstlichen Küste eine SW-NO-Richtung, die weiter nach Süden in eine SSW-NNO-Richtung übergehe; an der nordwestlichen Küste sollte eine NW-SO-Richtung vorherrschen.

An der Küste des Staates Maine ist ein derartiger Parallelismus nach den uns zu Gebot stehenden englischen und amerikanischen Seekarten allerdings unverkennbar[1]); auch auf den Faröern mag er von vornherein zugegeben werden. Man hat jedoch beobachten wollen, dafs es in allen anderen Fjordgebieten etwas anders stehe. Penck[2]) machte gegen Ratzel darauf aufmerksam, dafs es nötig sei, Fjordküsten verschiedener Art zu trennen, je nachdem die Küste, in welche die Fjorde einschneiden, einem flachwelligen Hügelland oder einem hohen Gebirgsland angehöre. In den letzteren, d. h. in fast allen Fjordgebieten, trete der Parallelismus soweit zurück, dafs er auf Kartenbildern kleineren Mafsstabes vollständig verschwinde. In Norwegen und Schottland, sowie an der westamerikanischen Küste, sei die Unterscheidung gewisser Hauptrichtungen, die sich auch in den kleinen und kleinsten Zügen bemerkbar machen, sehr schwierig durchzuführen. Der Parallelismus mache hier den unregelmäfsigen Verästelungen normaler Thäler Platz.

In allen diesen typischen Fjordgebieten wird man die Regel bestätigt finden, die Peschel zuerst aufstellte[3]), dafs nämlich die Fjorde oder wenigstens ihre Hauptarme senkrecht oder unter sehr steilen Winkeln in das Land hineinzudringen pflegen. Haben wir nun eine Küste, die auf die ganze Länge ihrer Erstreckung eine Richtung beibehält, so werden auch ihre Fjordbuchten unter sich nahezu parallel sein. Dies ist der Fall in Grönland und Neuseeland, wo ein gewisser Parallelismus auch der Hauptbuchten doch nicht zu leugnen sein wird, wenngleich dieselben in ein gebirgiges Land einschneiden. Betrachten wir jedoch ein inselförmiges Fjordgebiet, wie Island, oder eine Fjordküste wie Norwegens Westküste, die in der allgemeinen Richtung wechselt, so finden wir Fjorde in allen Richtungen der Windrose.

Aber trotzdem ist Ratzel's Beobachtung richtig. Auch diese

[1]) Auf Ratzel's Anregung hin ist dieses Fjordgebiet von Remmers genau untersucht worden. Der Nachweis eines weitgehenden Parallelismus ist der kleinen Arbeit völlig gelungen. Das Bestreben des Verfassers, die Häufigkeit des Vorkommens paralleler Küstenstrecken in einem bestimmt begrenzten Gebiet durch Zahlenwerte darzustellen, erscheint aber als nutzloses Bemühen. O. Remmers, Untersuchungen der Fjorde an der Küste von Maine. Dissert. Halle 1891.

[2]) Penck, Glaciale Bodengestaltung. Ausland 1882, S. 373.

[3]) Peschel a. a. O. S. 9.

Fjordregionen sind, wenngleich ihre Hauptzüge differieren, durch Parallelismus der kleineren Elemente zu einer Gesamtheit aufs innigste verbunden.

Allerdings ist dies nur auf Karten gröfseren Mafsstabes deutlich zu sehen. Es genügt z. B. ein Blick auf eines der prächtigen Blätter der *Topografisk kart over kongeriget Norge* oder der *Ordnance Survey of Scotland*, um eine Art Parallelismus sofort zu erkennen. Man betrachte z. B. die Blätter Skjörn (49b) und Björnör (49d) des erstgenannten Werkes, also einen Teil des Gebietes nordwestlich vom Trondhjem-Fjord. Ein doppelter scharf ausgeprägter Parallelismus beherrscht diesen ganzen Gebirgsteil. Einer SW—NO-Richtung entsprechen die gröfseren inneren Fjorde; in Landzungen zerschnitten, springt das Land in die See hinein. Kleinere Buchten mit parallelen Wänden trennen diese Zungen; Inselreihen, durch Untiefen mit den Vorgebirgen verbunden, setzen ihre Richtung fort, bis der ganze südwestlich gerichtete Zug weit draufsen in der See mit kleinen kaum aufragenden Klippen verschwindet. Die Thalfortsetzungen im Land, der Verlauf der Isohypsen, die Seenreihen, alles nimmt an diesem Parallelismus Teil. Rechtwinklig zu dieser Richtung steht aber eine andere südost-nordwestliche, die sich in gleicher Weise durch Parallelismus der Buchten und Thäler, der Bergzüge und Inselreihen kenntlich macht. Ein derartiger Doppelparallelismus ist auf allen bisher vorhandenen genauen Kartenbildern von Fjordgegenden unverkennbar. Man könnte z. B. auch noch auf den Teil der schottischen Westküste zwischen Craignish Point und Knap Point hinweisen, wo in den Lochs Craignish und Swen Uferlinien, Inselumrisse und Klippenreihen in auffallendem Parallelismus stehen.

Ratzel's Behauptung, dafs alle Fjordgebiete durch das Vorherrschen paralleler Richtungen einheitlich verbunden seien, ist mithin völlig berechtigt, wenn sie auch der Einschränkung bedarf, dafs diese Erscheinung nur in flacheren Gebieten der Küstenzone besonders deutlich hervortritt. In gebirgigen Fjordgebieten nehmen dagegen meist nicht die grofsen Buchten, sondern nur die kleinen Elemente der Fjordküste an diesem Parallelismus Teil.

Auch die andere Beobachtung Ratzel's, dafs die durchgehends geringe Breite aller Einschnitte und Strafsen ein besonderes Kennzeichen aller Fjordküsten sei[1]), wird man überall bestätigt finden.

An der norwegischen Küste gilt der bekannte Lyse-Fjord, der, vom Höle-Fjord sich abzweigend, erst senkrecht zu diesem nach Nordosten, dann nach Osten sich hinzieht, als einer der regelmäfsigsten Einschnitte.

[1]) Ratzel a. a. O. S. 395.

Ungefähr 40 km lang, mifst er im Durchschnitt nur 1,9 km Breite, während die schmalsten Stellen kaum 0,6 km erreichen. Die ebenso auffallend regelmäfsige Abzweigung des Hardanger-Fjordes, der Sör-Fjord von Odde, wechselt auf 38,6 km Länge nur zwischen 1,8 und 0,6 km Breite. Ebenso schmal ist auf lange Entfernung hin der Indre Folden-Fjord, die Abzweigung des Folden-Fjordes. Nach Ratzel und Remmers sind die gröfsten Breiten der Fjorde an der Küste von Maine 2,8 bis 1,7 km. In der Fjordregion des Puget-Sundes mifst die durchschnittliche Breite der Fjordarme nicht mehr als 1,2 km. Von den kolumbischen Fjorden behält das Jervis Inlet auf 62,5 km, das Toba Inlet auf 25 km, das Knight Inlet endlich auf 81,5 km Länge eine durchschnittliche Breite von 2—3 km. Etwas ansehnlicher wird natürlich die Breite derjenigen Fjorde, die unter ansehnlichen Verästelungen weit in das Land hineinreichen. Der Sogne-Fjord greift 180 km weit mit seinen inneren Armen in das Hochfjeld von Jotunheim ein. Er besitzt auf dieser ganzen ungeheuren Erstreckung, die der Entfernung von der Oder-Mündung bis Berlin gleichkommt, eine mittlere Breite von 4,8 km; nur dort, wo ein Seitenarm in ihn einmündet, zeigen sich einige seeartige Erweiterungen. Selbst an der Mündung des Hauptfjordes überschreitet die Breite zwischen den hier durch Inselreihen dargestellten Uferwänden kaum die erwähnte Zahl.

Die Fjorde an der Nordküste Skandinaviens und ähnlich auch diejenigen an der Nordküste Schottlands sind, wie bereits erwähnt, breiter geöffnet. Der Varanger-Fjord behält auf eine Erstreckung von 40 km, sich fast gleichbleibend, eine Breite von 12 km; dann erweitert er sich jedoch in dem Mafs, dafs er zwischen den beiden Vorgebirgen am Eingang mehr als 45 km mifst. Ebenso steht es auch mit den anderen nördlichen Fjorden, dem Porsanger- und Laxe-Fjord, in Schottland mit dem Kyle of Durness, dem Loch Eriboll, dem Kyle of Tongue. Es mag dies als ein auffallender Unterschied hervorgehoben werden.

In der dem folgenden Abschnitt beigegebenen Tabelle sind Zahlen für die durchschnittliche Breite fast aller in dieser Arbeit erwähnten Fjorde angegeben. Diese Zahlen sind durch Messungen ermittelt, welche an den Seekarten direkt ausgeführt wurden. Die durch sie erhaltenen Werte sind oft noch zu grofs. Die genauere Berechnung Fläche durch Länge hätte kaum ein genaueres Mittel ergeben, weil die Länge des Fjordes sich ohne Willkür nicht finden läfst.

Sämtliche als Fjorde, Sunde, Lochs oder Inlets bezeichneten Küsteneinschnitte sind von sehr geringer Breite, und zwar bleiben diese Breiten auf weite Erstreckungen hin gleich. Die Länge der Einbuchtungen und Strafsen übertrifft die Breite derselben stets um ein

Vielfaches. Eine genauere Angabe dieses Verhältnisses von Länge zu Breite ist kaum nötig. In der Regel sind die Fjorde zehn- bis zwanzigmal länger als die durchschnittliche Breite beträgt. Bei den gröfsten Fjorden steigt diese Verhältniszahl auf 1 : 31 (Jervis Inlet), 1 : 41 (Knight Inlet) und 1 : 39 (Sogne-Fjord).

Peschel hatte die Fjorde schon in den Eingangsworten als steile Schluchten definiert; im weiteren Verlauf seiner Darlegung betonte er dann noch ausdrücklich als ein Ergebnis seiner vergleichenden Untersuchung, dafs Fjorde nur an felsigen Steilküsten vorkommen[1]). Er wollte damit auch die geringe Anzahl der Fjorde an der Küste und auf den Inseln des amerikanischen Nordens und das gänzliche Fehlen derselben an der asiatischen Nordküste erklären. Wieder wies auch hier Penck[2]) darauf hin, dafs felsige Steilküsten kein unbedingtes Erfordernis für Fjordbildungen sein können. Die Ostküste Nord-Amerikas bilden nicht auffallend steile Felsränder, sondern ein sehr flachwelliges Hügelland von 300 bis 600 m Höhe senkt sich allmählich zu dem nur wenig über den Meeresspiegel erhobenen Küstenstrich. Nun wird man Maine wohl zweifellos als ein Fjordgebiet gelten lassen müssen, aber ebenso unzweifelhaft ist es das am wenigsten typisch ausgestaltete auf der ganzen Erde. Eine gewisse Abhängigkeit der Grofsartigkeit des Fjordphänomens von der mehr oder minder grofsen Erhebung des Küstenlandes ist doch unleugbar, insofern, als die Fjordbildungen wie in Maine, so auch in anderen flachen Küstengebieten sowohl seltener als auch minder scharf ausgeprägt auftreten. In Norwegen ist der einzige fjordarme Abschnitt der Westküste, die Strecke zwischen dem Eingang des Trondhjem-Fjordes und dem Vigten-Archipel, zugleich der flachste. Ein anderes Beispiel aus Ost-Grönland! Die letzte Schilderung des Teiles der ostgrönländischen Küste vom Kap Farvel bis zum Sermilik (66°) unterscheidet an derselben fünf Abschnitte[3]). Zwei derselben, die Strecken von Auarket bis Ikermiut und von Igdloluarsuk bis Inigsalik, haben nur eine sehr wenig eingeschnittene Küstenlinie, die drei anderen, also von der Südspitze bis Auarket, von Ikermiut bis Igdloluarsuk und von Inigsalik bis zum 66. Breitengrad, sind stark zerschnitten und zerrissen, fjord- und sundreich. Eben diese Abschnitte aber sind auch hochaufragend. Über die aus Gneis bestehenden Umgebungen erheben sich oft bis zur Höhe von 1250 m Syenitgruppen mit hohen kühnen Bergspitzen und tiefen engen Thälern dazwischen, richtige gezackte Gebirge. Die beiden

1) Peschel a. a. O. S. 17.
2) Penck, Glaciale Bodengestaltung. Ausland 1882, S. 349.
3) Nansen a. a. O. S. 54—57.

anderen jedoch mit wenigen breiten Buchten gehören einem niederen Land an, welches nur wenig aus der Eisdecke hervorragt und auch in den jetzt mit Eis und Schnee überdeckten Teilen eben zu sein scheint. Da aber die unausgebildeten Küsteneinschnitte dieser niederen Gebiete an dem Fjordcharakter zweifellos teilnehmen, so wird man Penck's Einwurf die Berechtigung nicht aberkennen dürfen. Nichts desto weniger steht aber fest, dafs Fjorde typischer Ausgestaltung an Steilküsten gebunden sind. Die Fjorde von Norwegen, Schottland, Columbia, Patagonien und Neuseeland schneiden sämtlich in ein höheres Gebirgsland ein, und mit steilen Wänden fallen überall die Felsmassen zum Spiegel der Fjorde ein.

Charakteristische Schilderungen dieser Steilheit der Fjordwände finden sich allenthalben in der Reiseliteratur. Wie mit einem Beilhieb in die Hochebene der norwegischen Scholle hineingehackt, sollen die norwegischen Fjorde sich in die Tiefe hinabsenken[1]). Man glaubt oft geradenwegs über die horizontale Fläche des Fjeld vordringen zu können und hat dann auf einmal dicht vor den Füfsen einen jähen Abgrund von schwindelnder Tiefe, zu welchem die Gewässer der Höhe in Wasserfällen hinabstürzen. Vibe[2]) berichtet von vielen hunderte von Metern hohen Wasserfällen, die, ohne auch nur einmal den Fels zu berühren, zum Spiegel der Fjorde hinabspringen, sodafs man, ohne benetzt zu werden, zwischen den Felsen und dem Wasserfall hindurchfahren kann. Auch den neuseeländischen Milford-Sund zieren hohe Fälle, wie der 146 m hohe Stirling Waterfall und die 165 m hohen Bowenfalls. In den grönländischen Fjorden findet man oft bei stundenlanger Fahrt keine Gelegenheit zum Landen. Steile, senkrechte, vielleicht auch überhangende Felswände von 700 bis 800 m Höhe gehören in allen Fjordgebieten nicht zu den Seltenheiten. Es geschieht dies überall, wo das Gebirge in Absätzen staffelförmig von den Plateauhöhen zum Meeresspiegel niedergeht. Man mufs sich aber doch vor übertriebenen Angaben hüten. Das Auge ist ja stets geneigt, die vertikale Erhebung im Verhältnis zur horizontalen Entfernung zu überschätzen, und da der Mehrzahl der Menschen die Fähigkeit, Höhenwinkel auch nur annähernd richtig zu beurteilen, gänzlich abgeht, werden stets zu grofse Neigungswinkel angenommen. Bei den Fjorden kommt noch hinzu, dafs der Kontrast zwischen der toten Ruhe des Fjordspiegels und dem lebendigen Aufstreben der Felswände den Eindruck der Steilheit der letzteren erhöht. Die häufigen Anführungen höherer Erhebungen in der Nähe der Fjordbuchten sind vielfach ge-

---

1) Guthe-Wagner, Lehrbuch der Geographie II, 1883, S. 350.

2) A. Vibe, Küsten und Meer Norwegens. P. G. M. Erg.-Heft 1, 1860, S. 5.

eignet, durch den Gegensatz der Zahlen übertriebene Vorstellungen zu erwecken. Tritt eine hohe Berggruppe an das Ufer eines Fjordes, so ist der Aufstieg zu ihr entweder in den ersten Hektometern ein sehr steiler, und es folgt dann eine allmählichere Erhebung, oder aber die Uferpartien sind flacher, und erst in gröfserer Entfernung vom Strand beginnt das steile Aufstreben. In beiden Fällen überschätzt man den Erhebungswinkel. Als besonders erstaunliches Beispiel einer grofsen Neigung erwähnt Vibe[1]) und nach ihm wiederholt Reclus[2]) den Thorsnut, der mit einer Erhebung von 1583 m auf 4,2 km an den Fjord von Odde herantritt. Hier ist das Aufsteigen der Fjordwände ein steiles, aber der mittlere Neigungswinkel bis zu den überragenden Höhen beträgt doch nur 20° 39′. In Grönland erhebt sich der Berg der Insel Umanak 1164 m über den Meeresspiegel; der unersteigbare Fels befindet sich aber in der Mitte der mit relativ sehr geringer Neigung aus dem Fjord auftauchenden Insel, und der mittlere Erhebungswinkel ist 17° 3′. Wenn der Mitre Peak in Neuseeland mit 1695 m auf 1,4 km an den Milford-Sund herantritt, so kann er nicht in „einer 70° steilen, 1800 m hohen Felswand direkt vom Meer aufragen“[3]).

Eine eingehende Musterung der bisher vorhandenen genaueren Karten europäischer Fjordgebiete hat als gröfsten auffindbaren Thalwand-Neigungswinkel einen solchen von 53 bis 54° ergeben. Es ist dies im Närö-Fjord, einem Seitenfjord des grofsen Sogne-Fjordes; die vortrefflichen Abbildungen in Güfsfeldt's Werk über die Nordlandfahrten des deutschen Kaisers zeigen den schroffen Charakter der dortigen Fjordnatur aufs deutlichste. Man wird also gut daran thun, Angaben von mehr als 800 m hohen senkrechten Fjordwänden oder von allgemeinen Neigungswinkeln von mehr als 54° für Übertreibungen zu halten. In der Regel sind die Erhebungswinkel bis zu den überragenden Höhen hinauf selbst in den am grofsartigsten ausgestalteten Fjordspalten nicht gröfser als 30 bis 40°. Dafs diese Zahlen allerdings schon eine sehr erhebliche Steilheit der Fjordwände darstellen, beweist die Thatsache, dafs Abhänge von 37° selbst von geübten Bergsteigern kaum noch zu erklimmen sind.

Es möge endlich auch erwähnt werden, dafs die mehr oder minder grofse Erhebung des Landes nicht nur auf die Form und Zahl der Einschnitte selbst, sondern auch auf den allgemeinen Charakter der

---

[1]) Vibe a. a. O. S. 5.

[2]) Reclus, Revue des Deux Mondes 1867, Bd. 8, S. 268. Reclus, La Terre II, 1869. S 168.

[3]) von Lendenfeld, Australische Reise, 1892, S. 185.

ganzen Fjordzone von Einfluſs ist. Die flacheren Küstengebiete sind in der Regel auch die inselreichen. In hohen Plateauländern ist die Ausbildung der Fjorde mehr in der Vertikale, in sanften Abdachungen des Küstengebirges dagegen in der Horizontale vor sich gegangen.

3. Die untermeerischen Formen der Fjorde.

Das eigentlich Charakteristische der Fjorde sind jedoch nicht die Teile über dem Wasser, sondern die vom Wasser bedeckten Formen, die Tiefenverhältnisse. Hier ist es nun nicht der Mangel, sondern die Ungenauigkeit unserer Karten, welche die bedauerliche Unklarheit über die Fjordgestaltung verschuldet hat. Wir besitzen von der englischen Marine Seekarten aller Fjordgebiete der Erde; die chilenischen Schiffe haben in den patagonischen Gewässern gelotet; für Ost-Amerika stehen die Karten der U. S. Coast Survey, für Norwegen die Arbeiten des Geografisk Opmaaling zur Verfügung. Die Seekarten geben die Fjorde in der Isohypse des heutigen Meeresstandes. So trefflich sie auch in jeder anderen Beziehung sein mögen, um so geringer ist ihr Wert, wenn man den Versuch unternimmt, sich nach ihren Angaben ein Bild von den Formen der Fjorde unter dem Meeresspiegel zu machen.

Einmal sind nur die wenigsten Buchten bis in das innere Ende hinein ausgelotet. Die Fjorde sind vortreffliche Häfen; sie sind aber wertlos, weil sie nur selten an ihren Ufern Platz zu Ansiedlungen, und, da sie fast alle in Hochgebirge einschneiden, nie ein Hinterland besitzen. Infolge dessen liegt für die hydrographischen Ämter der seefahrenden Nationen keine Veranlassung vor, diese buchtenreichen Küsten und die tiefen Einschnitte, die wegen ihrer Naturschönheiten nur als Ziele für Vergnügungsreisende Bedeutung haben, genauer aufzunehmen. Meist sind nur die wenigen Fjordstraſsen, die dem Weltverkehr dienen, und die Zugänge zu den wenigen bedeutenderen Orten, die als Fischereistädte oder als Hauptstätten der Verwaltung von Wichtigkeit sind, genau vermessen. Für die abgeschlossenen Fjordbuchten kommt ferner in Betracht, daſs dieselben durchgängig von bedeutender Tiefe sind. Da in ihnen Gefahren für die Schifffahrt wenig zu befürchten sind, so genügt es, einige wenige Lotungen vorzunehmen. Meist befinden sich dieselben in der Nähe der Ufer. Sind die Lotungen häufiger, so sind sie meist abgebrochen; bei Tiefen von über 50 Faden oder 94 m schwindet meist das Interesse, welches die Rücksicht auf den Schiffsverkehr erweckt hat. Diese beiden Fehler sind es, die bei der Betrachtung der englischen Seekarten Bedauern erregen werden. Immerhin sind aber gerade diese am besten für unsere Zwecke verwendbar; einzelne der Fjordbuchten sind von

englischen Schiffen so gut verlotet worden, dafs es sogar möglich war, die vielen Anhaltspunkte zur Zeichnung von Isobathenlinien zu verwerten. In Norwegen ist aus Interesse für die Fischerei der Varanger-Fjord genauer, d. h. in mehreren Linien verlotet worden; die Tiefenlinien, welche die Fiskekart over Varangerfjorden[1]) angiebt, werden aber an Genauigkeit mit den Isobathen bekannter Binnenseekarten nicht zu vergleichen sein. Auf den meisten norwegischen Seekarten beschränken sich die Tiefenlotungen in den Fjorden auf eine bestimmte Linie, die ungefähr das Mittelfahrwasser anzeigt. Von wie geringer Bedeutung diese meist in der Mitte der Fjorde stehenden, oft mehr als 10 km von einander entfernten Tiefenzahlen sind, liegt auf der Hand. Der Querschnitt der Fjorde giebt, wie nachher noch zu zeigen sein wird, unregelmäfsige Formen des Bettes der Fjordgewässer an. Die unrichtige Wahl von Lotungsstellen kann somit auf Strecken von 15 bis 20 km das Bild des Fjordbettes völlig entstellen. Haben wir z. B. im Sogne-Fjord[2]) ungefähr 25 km vom Ausgang die Tiefenzahl von 1242 m (661 norw. Faden), so zeigt die 7½ km darauf folgende Zahl nur eine Tiefe von 850 m (450 Faden) an; 7 km weiter hat das Lot wieder erst bei 1084 km (630 Faden) den Boden erreicht. Derartige plötzliche Unterschiede, die häufiger zu finden sind, haben etwas sehr unwahrscheinliches. Meist steht in solchem Fall die eine geringere Tiefe angebende Zahl an Biegungen der Wasserstrafse, und es ist dann zu vermuten, dafs das Schiff die Lotung über einem untermeerischen Thalvorsprung vorgenommen hat. In dem obigen, als Beispiel benutzten Fall wird sicher eine dem südlichen Ufer näher vorzunehmende Lotung eine Tiefenzahl ergeben, welche zwischen den Zahlen 1242 und 1084 die Mitte hält. Lotungen in der Längsrichtung der Fjorde haben nur Wert, wenn sie mit solchen quer über denselben verbunden sind. Da solche mehr von wissenschaftlichem Interesse bestimmten systematischen Lotungsunternehmen zur Zeit noch zu den Seltenheiten gehören, so kann all unser derzeitiges Wissen über die unterseeischen Formen der Fjorde nur als durchaus ungenügend angesehen werden.

Was nun im allgemeinen die Tiefenverhältnisse der Fjorde anbelangt, so bezeichnet man gewöhnlich die absolute grofse Tiefe derselben als hervorstechendes Merkmal. „Fjorde sind tiefe und steile Schluchten.“ Nun hat auch hier wieder Ratzel die Ansicht aus-

[1]) Fiskekart over Varangerfjorden, udgivet af den Geografiske Opmaaling. Krist. 1887. 3 Blatt. 1 : 100 000.

[2]) Specialkart over Sognefjorden, udgivet af den Geografiske Opmaaling. Krist. 1869. 3 Blatt. 1 : 100 000.

gesprochen[1]), dafs man den Tiefenverhältnissen der Fjorde viel zu grofses Gewicht beigelegt habe. Er meinte, weil es unbestreitbar sei, dafs Anschwemmungen der Flüsse und Strömungen die Tiefe der Fjorde zu verringern vermögen, und weil es thatsächlich flache Fjorde gebe, sei die Tiefe dieser Einschnitte als vergängliches Moment weniger zu betonen. Dieser Einwurf, der sich übrigens nur gegen die Behauptung einer absolut grofsen Tiefe richtet, verliert nun viel an Beweiskraft dadurch, dafs er sich ausschliefslich auf die Ergebnisse der Betrachtung der Sunde des Puget-Sundes und der Fjorde von Maine stützt. Die Formen dieser Wasserstrafsen und Buchten bilden ja in allem eine Ausnahme und beweisen gegenüber der Einheitlichkeit der Erscheinungen in allen anderen Fjordgebieten sehr wenig. Es giebt in der That seichte Fjorde; die Buchten von Maine, die Fjorde Nord-Schottlands sind in der Regel nicht tiefer als 60 m. In den irischen Einschnitten sind Tiefen von 35 m eine sehr grofse Seltenheit; nur der Sligo Harbour sinkt zu einer Tiefe von 143 m herab. Aber die absolute grofse Tiefe ist gar nicht das, was die Fjorde vor anderen Buchten auszeichnet, sondern ausschliefslich die Verschiedenheit der Tiefen in verschiedenen Teilen eines Fjordes.

Der erste, der hierauf aufmerksam machte, war Cook, der beim Einsegeln in den Christtag-Sund des Feuerlandes zuerst bei 37 Faden, tiefer im Sund erst bei 64 Faden Grund fand, während zuletzt die 100 Faden lange Lotleine den Grund überhaupt nicht mehr erreichte[2]). Darwin fand ebendort die gleiche Erscheinung allgemein, und er stellte es schon als Regel auf, dafs die Fjorde an ihrer Mündung von geringerer Tiefe seien als im Innern[3]). Später war es Lübbert, der wieder darauf hinwies[4]). Peschel und Reclus nahmen es auf, und Leipoldt sprach es als allgemeines Gesetz aus[5]). „Bei allen Fjorden zeigt sich, dafs an ihrem Ausgang der Boden viel seichter ist als im Hintergrund."

Das Gesetz ist in dieser Form nicht ganz richtig; es giebt Fjordbuchten, und zwar auch geschlossene schmale Buchten von typischer Form, die an ihrem Ausgang tiefer sind als im Inneren. Richtiger ist die folgende Fassung: „Allen Fjordgebieten liegt ein seichtes Meer vor, dessen geringe Tiefen zu den bedeutenden Ein-

[1]) Ratzel a. a. O. S. 393.

[2]) Vgl. Peschel a. a. O. S. 20.

[3]) Darwin vgl. Ramsay, The physical geology and geography of Great Britain, 1878, S. 448.

[4]) O. Lübbert, Das Reisen in Norwegen. Ausland 1863, S. 970 Anm.

[5]) Peschel-Leipoldt, Physische Erdkunde, 1879, S. 480.

senkungen im Inneren der fjordzerrissenen Küstenzone in auffallendem Gegensatz stehen."

Der norwegischen Westküste ist ein schmaler Saum flacheren Meeresbodens vorgelagert. Abgesehen von einigen tieferen Rinnen übersteigt die Tiefe dort nie 200 m. In den Fjorden sind Tiefen bis zu 1242 m gelotet worden.

Schottland und Irland liegen auf einem Plateau, welches aufser in kleineren örtlichen Einsenkungen überall nur bis zu 50—80 m unter der Meeresoberfläche liegt. In den schottischen und irischen Lochs finden sich dagegen Tiefen bis zu 140—180 m.

Die Tiefenverhältnisse an der ostgrönländischen Küste schildert der Bericht der zweiten deutschen Nordpolar-Expedition[1]) in der Weise, dafs er annimmt, eine über 366 m tiefe Rinne ziehe sich längs der Küste hin; weiter draufsen im Meer zeige jedoch das Lot oft Tiefen von weniger als 183 m an. Bei der Fahrt von offener See zum Kap Broer Ruys und dann in den Franz-Josefsfjord hinein fand die „Germania" erst abnehmende Tiefen, mehrere Meilen vom Land 156 m, ganz in der Nähe desselben am Eingang des Fjordes 179 m, und im Fjord selbst konnte das Lot mit 915 m den Boden nicht erreichen.

An der westgrönländischen Küste liegen die Verhältnisse ähnlich. Die Küste wird von einem schmalen Saum flacheren Meeres, in dem nur einige wenige tiefere Einsenkungen und Rinnen die Tiefe von 20 bis 75 m übersteigen, begleitet. Das Innere der Fjorde ist zu wenig bekannt; selbst auf den genauesten dänischen Seekarten bemerkt man nur an zwei Stellen einige in Reihen angeordnete Tiefenzahlen. Im Nordre Ström-Fjord unter 67° 45′ n. Br. ergaben die Lotungen im Innern 494 m, weiter zur Mündung 406, 295, 372 m und endlich draufsen im Meer nur 38 m Tiefe. In der Disko-Bucht vor dem Eingang der Fjordbuchten von Christianshaab findet man hintereinander von innen nach aufsen geordnet 240, 299, 233, 179, 250, 192, 131 und 86 m. Nach J. A. D. Jensen's Lotungen[2]) ist der Fiske-Fjord (63° 10′) im Innern bis zu 323 m, der Sermilik (63° 30′) bis zu 131 m tief; das vorliegende Meer weist nur Tiefen von 90 m auf.

Das Meer an den Küsten des Staates Maine ist so seicht, dafs man erst in einer Entfernung von 14 km Tiefen von 110 m erreicht. Nach Nordosten nimmt die Tiefe des Vormeeres etwas zu. Die Fjordtiefen sind in diesem Gebiet aufserordentlich gering. Nach Ratzel und Remmers finden sich in den südlicheren Buchten nur Maximal-

[1]) Die zweite deutsche Nordpolarfahrt in den Jahren 1869 und 1870, II, S. 679.

[2]) Meddelelser om Grönland I, S. 33. 31.

tiefen von 48—60 m; etwas nördlicher im Penobscot-Gebiet steigt die Tiefe auf 100—150 m. In den meisten kleineren Buchten sind Tiefen von 20—30 m die gröfsten Einsenkungen.

Um so grofsartiger sind dagegen die Gegensätze der Tiefen vor und in dem Fjordgebiet von Britisch-Columbia. Vor der Vancouver-Insel zieht sich in durchschnittlicher Breite von 37 km ein unterseeisches Plateau hin, welches nirgends bis unter die Tiefe von 183 m hinabsinkt. Nur in den die Westküste der Insel zerschneidenden Fjorden bemerkt man bedeutendere Einsenkungen. Der Quatsino-Sund zeigt als gröfste Tiefe im Innern 229 m; auch der sich aufserordentlich weit in die Insel hineindrängende Alberni-Kanal des Barclay-Sundes weist in der Mitte eine Einsenkung von 276 m auf. Der Notka-Sund hat seine gröfste Tiefe von 198 m im Innern, während vor seiner Mündung eine Bank aufsteigt, die bei 18 km Breite nirgends mehr als 90 m unter der Meeresoberfläche liegt. Die Insel Vancouver wird von dem amerikanischen Festland durch den Queen Charlotte-Sund, die Johnstone-Strait und die Strafse von Georgia getrennt. Diese Sunde sind zum gröfsten Teil tief, doch liegt gerade dort, wo die grofse Insel, nur durch die Johnstone-Strafse von dem zerrissenen Festlandsrand getrennt, mit der kolumbischen Küste verwächst, ein seichterer Meeresteil vor den Fjordeingängen. Und in diesen Fjorden finden wir Tiefen von 230 m (Knight Inlet), 255 m (Call Creek), 232 m (Loughborough Inlet) und so fort.

Von der chilenisch-patagonischen Fjordküste ist wenig zu sagen. Die Seitenfjorde sind trotz der Thätigkeit der englischen, deutschen und chilenischen Marine wenig bekannt, und wo wir Tiefenzahlen haben, sind die Lotungen bei 55 oder 75 m abgebrochen. Immerhin stehen auch hier dem flachen Vormeer Tiefen von über 1045 m, wie man sie in der Magellan-Strafse gelotet hat, gegenüber. Vor der neuseeländischen Fjordküste erstreckt sich eine flache Bank hin, die von so bedeutender Ausdehnung ist, dafs die Tiefen der Fjorde erst in einer Entfernung von 30 km von der Küste wieder angetroffen werden können. Der tiefste Fjord Neuseelands ist mit 392 m der nördlichste der dreizehn Einschnitte, der Milford-Sund. Eine solche Tiefe wird erst 100 km von der Küste entfernt gelotet werden können.

In den meisten Fällen dringt nun allerdings das flache Vormeer bis in die Eingänge der Fjordbuchten selbst vor. Mündet dagegen der Fjord in eine durch Konvergenz mehrerer Einschnitte entstandene gröfsere Bucht oder in einen der der Küste parallel ziehenden Sunde, so findet man nicht selten, dafs die eigentlichen Fjorde am Eingang keine Schwellen haben. So steht es z. B. mit dem in die Clyde Sea mündenden Loch Fyne und dem Loch Broom, einem Seitenarm des

North Minch. Die Fjorde der Inseln Mull und Skye haben keine Eingangsschwellen. Auch das kolumbische Jervis Inlet behält auf eine Länge von 22 km eine Tiefe von über 183 m bei und mündet dann in die über 275 m tiefe Malaspina-Strafse ein. Während mithin im ersten häufigeren Fall schon in dem eigentlichen Fjord selbst infolge der Abschliefsung der inneren Tiefen durch eine Anschwellung am Eingang ein Becken gebildet wird, geschieht dies in dem anderen Fall erst durch das entferntere Vormeer, und die Fjordbucht bildet nur mit ihrer Fortsetzung in dem Sund ein gröfseres, komplizierteres Becken.

Die so entstandenen Becken sind nun selten in der Weise regelmäfsig und einheitlich, dafs der Boden vom inneren Ende bis zur gröfsten Tiefe allmählich hinabsinkt, um dann bis zur Erhebung des Vormeeres wieder anzusteigen. Beispielsweise senkt sich der Boden des Sogne-Fjordes derart bis zu der gröfsten in allen Fjorden der Erde geloteten Tiefe, bis zu 1242 m hinab. Der Aufstieg ist dann bedeutend steiler; eine Schwelle von nur 158 m Tiefe unter dem Meeresspiegel trennt das tiefere innere Becken von der norwegischen Rinne. Auch der Hardanger-Fjord sinkt in seinen beiden oberen Armen mit ziemlich gleichmäfsigem Gefälle bis zu seiner gröfsten Tiefe von 800 m hinab und erreicht dann erst am Ausgang wieder die geringe Tiefe von 203 m. Die nördlichen Fjorde Neuseelands sind alle dergestalt einheitliche Becken.

In der Regel aber sind die Fjordbecken nicht so regelmäfsig. Die meisten Fjorde sind vielmehr durch den Wechsel gröfserer Tiefen und hoch aufsteigender Schwellen in eine Anzahl Binnenbecken geteilt. Wir wollen diese Teilbecken als Becken II. Ordnung von den grofsen, den ganzen Fjord darstellenden Becken I. Ordnung unterscheiden.

Während der Gegensatz der inneren Tiefe und der äufseren Schwellen schon früh bemerkt und oft besprochen ist, ist die Thatsache, dafs auch in den Fjorden selbst Unregelmäfsigkeiten des Bodenreliefs zu beobachten sind, fast unbeachtet geblieben. Mill hat sie in seiner mustergültigen Arbeit über die Clyde Sea area[1]) erwähnt; auch Remmers hat in den Fjorden von Maine das Vorhandensein von Binnenschwellen hervorgehoben. In der übrigen Literatur finden sich dagegen nur wenige Andeutungen.

Da aufser dem nach Lieutenant Schie's Angaben gezeichneten Lysefjord-Profil[2]) und den Längsprofilen Mill's Fjordprofile nicht

---

[1]) H. R. Mill, Clyde Sea area. Proc. of Royal Soc. Edinbg. 1891, S. 641 ff.

[2]) Peterm. Geogr. Mitteilgen. Erg.-Heft 1, 1860. Berghaus' Phys. Atlas, Abt. II: Hydrographie, Bl. VIII.

existieren, so habe ich mich bemüht, auf Grund des zu Gebot stehenden reichen Kartenmaterials einige Längsschnitte durch Fjorde zu zeichnen[1]). Dieselben werden am besten die Unregelmäfsigkeit des untermeerischen Fjordgeländes, in deren Nachweis die vorliegende Arbeit ihr wichtigstes Ergebnis sieht, zeigen. Daneben wird auch die Zeichnung einiger Tiefenkarten von Fjordbuchten zur Verdeutlichung und Ergänzung der bisherigen Vorstellungen von den untermeerischen Formen der Fjorde wesentlich beitragen können.

Der Loch Hourn ist eine der drei Buchten, die sich zum Sleat-Sound öffnen; man kann ihn als den oberen Abschnitt dieser tiefen Meeresstrafse auffassen. Der ganze ungefähr 20 km lange Fjord hat eine Fläche von ungefähr 38 qkm; er zerfällt in zwei Teile, den breiten eigentlichen Loch Hourn und den inneren sehr schmalen Loch Hournbeg.

Die Skizze und der Längsschnitt zeigen, dafs sich dieser schmale Fjordarm in vier gesonderte Becken teilt. Vier Erhebungen von nur 1—13 m Tiefe trennen die Einsenkungen von 18, 49, 38 und 49 m Tiefe. Die Schwellen sind mit Sedimentmassen, die das Fahrwasser sehr verengen, bedeckt; auf der zweiten ragt eine kleine Felseninsel aus dem nur 10 m tiefen Wasser auf.

Der breitere Fjordteil ist ein einheitliches Becken; sehr allmählich senkt es sich zu der gröfsten Tiefe von 183 m, die gerade im Fjordeingang liegt, hinab. Darauf erhebt der Boden sich wieder auf etwas weniger als 100 m Tiefe, und die Fjordrinne vereinigt sich mit der des Sleat-Sundes.

Loch Creran und Loch Etive sind Seitenbuchten des Firth of Lorn. Der erstere, 12,5 km lang, im Mittel 1,15 km breit, hat ungefähr 14,4 qkm Wasserfläche. Eine 9 m unter dem Meeresspiegel liegende Schwelle sondert ein inneres schmales Becken von 37 m Tiefe von dem breiteren Hauptteil des Fjordes ab. Dieser erreicht in sehr sanftem Abstieg die Maximaltiefe von 49 m und steigt dann schnell zu einer Schwelle auf, die zum Teil, im Sgeir Cailleach, als Klippenreihe hervorragt, zum anderen Teil eine Tiefe von nur 8 m aufweist. Durch die schon fast ganz landfest gewordene Eriska-Insel verengt sich nun der Fjord. Die Tiefe übersteigt nur an zwei Stellen 10 m. Gerade vor der Landzunge stellt eine Erhebung von nur 7 m unter dem Meeresspiegel die Eingangsschwelle dar.

Im Loch Etive (31 km lang, 0,97 km breit, 30,1 qkm grofs) ist dagegen der innere Teil regelmäfsiger gestaltet. Die gröfste Tiefe von über 130 m wird in allmählichem Abstieg von 13 km Länge erreicht.

[1]) Siehe die der Arbeit beigegebenen Tafeln 1 und 2.

Dann erhebt der Boden sich sehr viel schneller und bildet in der durch die Halbinsel Duranis verengten Stelle eine trennende Schwelle von nur 11 m Tiefe. Es folgen nun mehrere kleinere Einsenkungen, die aber die Tiefe von 68 m nicht übersteigen, während die Erhebungen 20 bis 24 m tief liegen. Vor der Mündung tritt die Ledaig-Felsplatte gegen den Fjord vor und erzwingt eine bedeutende Verengung des Fahrwassers. Hier im Connel-Sund liegt die Eingangsschwelle nur 6 m unter dem Flutniveau. Im Eingang selbst findet sich vor dem Ledaig Point eine lokale Einsenkung von 42 m. Bemerkenswert ist auch, wie sich die Rinne tieferen Wassers zwischen Dunstaffnage Point und der vorgelagerten Insel hindurch gegen den Fjordeingang hindrängt.

Der neuseeländische George-Sund (21,6 km lang, 1,3 km breit und 42,7 qkm grofs) ist in mehreren Querreihen sehr gut verlotet worden. Er ist eins der seltenen einheitlichen Fjordbecken. Der Boden sinkt mit zwei sehr geringen Unterbrechungen mit nur 0° 37′ zu der ausgedehnten tiefsten Fläche herab; der tiefste Punkt ist nicht bekannt, da die Lotungen bei 194 m abgebrochen wurden. Der Anstieg ist um das Dreifache steiler. Die Schwelle von ungefähr 70 m Tiefe liegt genau im Eingang der Bucht.

Die bedeutende Tiefe des Fjordes gestattete eine Darstellung des Beckens in natürlichem Verhältnis der Längen und Tiefen. Die kleinen Unebenheiten des Bodens mufsten natürlich bei dieser Zeichnung verschwinden.

Die beiden Profile vom Caswell-Sund und Doubtful-Sund (Taf. 1 Abbild. 3 und 4) stellen die extremsten Typen von Fjordbecken dar. Im Caswell-Sund, einem der regelmäfsigsten Becken, folgt auf einen sehr sanften Abfall (1° 12′) ein aufserordentlich steiler Anstieg (7° 7′); im Doubtful-Sund sind die beiden Becken, in die der Fjord zerfällt, durch einen schnellen Abstieg und einen sehr langsamen Anstieg ausgezeichnet.

Die Darstellung der Tiefenverhältnisse eines Fjordbeckens durch Profilzeichnung ist aber überaus unvorteilhaft, weil bei der meist grofsen Länge der Fjorde Längen und Tiefen nicht in demselben Verhältnis zu zeichnen sind. Eine fünfzehnfache Überhöhung, wie sie in den als Beispiele dienenden, im Mafsstab von 1 : 150000 gezeichneten Längsprofilen durchweg angewandt ist, ist das mindeste, wenn man die Tiefenverhältnisse einigermafsen deutlich hervortreten lassen will. Das zweite Profil vom George-Sund, welches Längen und Tiefen im natürlichen Verhältnis giebt, wird die Notwendigkeit einer Überhöhung beweisen.

Eine jede Überhöhung erweckt aber falsche Vorstellungen von den Neigungsverhältnissen und beeinträchtigt die Vergleichbarkeit der

Winkel. Dieselben werden verzerrt, und zwar die kleineren Winkel in stärkerem Mafs als die gröfseren[1]). Wo es sich also darum handelt,

[1]) In beifolgender Abbildung stelle BC die zur Länge AC im natürlichen Verhältnis gezeichnete Höhe, CD die $m$fach überhöhte Höhe dar.

Abbild. 1.

Dann ist ϕ der wahre, ϕ_1 der durch die Überhöhung vergröfserte Neigungswinkel und δ der durch die Überhöhung bewirkte Zuschlagswinkel. Aus den beiden Gleichungen:

$$\operatorname{tg}\phi_1 = \operatorname{tg}(\phi+\delta) \quad \text{und} \quad \operatorname{tg}(\phi+\delta) = \frac{DC}{AC} \text{ oder } = \frac{m\,BC}{AC}$$

ergiebt sich durch eine sehr einfache Rechnung die Gleichung:

$$m \operatorname{tg}\phi = \frac{\operatorname{tg}\phi + \operatorname{tg}\delta}{1 - \operatorname{tg}\phi \operatorname{tg}\delta} \text{ oder nach } \operatorname{tg}\delta \text{ aufgelöst: } \operatorname{tg}\delta = \operatorname{tg}\phi \frac{m-1}{m\operatorname{tg}^2\phi + 1}.$$

Ist nun ϕ ein kleiner Winkel, $\operatorname{tg}\phi$ also eine sehr kleine Zahl, so kann $m\operatorname{tg}^2\phi$ als verschwindende Gröfse neben 1 vernachlässigt werden, und $\operatorname{tg}\delta$ ist dann angenähert $= (m-1)\operatorname{tg}\phi$, δ also ein verhältnismäfsig grofser Winkel. Wenn dagegen ϕ ein grofser Winkel ist, so dafs die Vernachlässigung von $m\operatorname{tg}^2\phi$ gegen 1 nicht mehr statthaft ist, so erhalten wir: $\operatorname{tg}\delta = \operatorname{tg}\phi \frac{m-1}{m\operatorname{tg}^2\phi + 1}$. Gegen das vorige ist der Nenner bedeutend gröfser, der Wert des ganzen Ausdrucks also beträchtlich kleiner. Es folgt, dafs bei einigermafsen kleinem ϕ der Zuschlagswinkel δ unverhältnismäfsig grofs ausfällt gegenüber dem Fall eines grofsen ϕ.

Es ergiebt sich daraus, dafs bei Anwendung einer Überhöhung die verschiedenen Winkel einer Zeichnung nicht vergleichbar sind. Durch überhöhte Zeichnung werden nur die Tangenten der in der Zeichnung und der in der Natur auftretenden Winkel in einen rationalen Zusammenhang gebracht; die Winkel selbst sind durch transcendente Funktionen mit einander verbunden. Die richtige Beurteilung derartiger Zeichnung wird aber fast unmöglich gemacht, sobald — was sich oft nicht vermeiden lassen wird — zwei verschiedene Überhöhungsmafsstäbe angewandt sind. Die verschiedenartig verzerrten Winkel können nur dann auf einander bezogen werden, wenn man sie beide auf die natürliche Gröfse bringt, also gerade die Verhältnisse wiederherstellt, die man durch die überhöhte Zeichnung verdeutlichen wollte.

Winkel zu vergleichen, müssen die wahren Verhältnisse betrachtet werden. Diese lassen sich auch bei sehr kleinen Differenzen durch Zahlen leichter darstellen als durch die Zeichnung. Wir setzen also an die Stelle der letzteren Zahlenwerte.

In der am Schlufs des morphographischen Teils beigegebenen Tabelle sind die Gröfsen- und Tiefenverhältnisse fast aller Fjorde der Erde, in denen systematische Lotungen vorgenommen sind, in solchen Zahlenwerten dargestellt. Am meisten ist das schottische Fjordgebiet berücksichtigt worden, weil dort sämtliche Fjorde so trefflich ausgelotet sind, dafs es möglich ist, für jede Bucht die Tiefenlinien auf das genaueste zu zeichnen. Dagegen sind die norwegischen Beispiele minderwertig, weil die dort stets nur vorhandene eine Längsreihe von Lotungen keine Gewifsheit giebt, dafs die Berechnung stets der Linie gröfster Tiefe folgt. Für Irland konnten nur wenige Beispiele angeführt werden, weil hier die weit vorgeschrittene Versandung der Buchten die eigentlichen Fjordformen verhüllt. Grönland mufste fast ganz vernachlässigt werden. Die für Labrador, Neu-Fundland und Neu-Schottland gegebenen Zahlen sind wieder durchaus sicher. Das Fjordgebiet von Maine blieb unberücksichtigt, weil die Verhältnisse dort zu unbedeutend sind. Es mag hier auf Remmers' gute Zusammenstellung verwiesen werden. Die Angaben aus dem kolumbischen Gebiet sind wieder minderwertig, weil ihnen zum Teil abgebrochene Lotungen zu Grunde liegen. Die Fjordregion von Kerguelen lieferte vier leidlich gute Beispiele. Von den dreizehn neuseeländischen Fjorden endlich konnten zwölf sehr gute Werte geben; nur im Preservation-Sund verhinderte die Thatsache, dafs hier die Fjordmitte nicht verlotet ist, die Berechnung. Sämtliche Zahlen sind auf das genaueste berechnet; die Entfernungsangaben sind etwas abgerundet, doch wurden die Winkel auf Grund der unabgerundeten Werte ermittelt. Meist wird es möglich sein, nach diesen Zahlenangaben vollständig genaue Profile zu zeichnen; nur in einigen wenigen Fällen, bei denen kein tiefster Punkt, sondern nur eine tiefste Fläche festzustellen war, wurde die Längserstreckung derselben in der Tabelle nicht berücksichtigt.

Die sowohl für Längen wie für Tiefen durchgeführte Anwendung des metrischen Systems erschien geboten, da verschiedene Werte für Faden zu benutzen waren. Die Berechnung der Längen (Spalte 1) wurde dadurch etwas erschwert, dafs der Fjordanfang selten genau festgestellt werden kann. Die sogenannte Eingangsschwelle war in keinem Fall mafsgebend. In der Regel ist der Fjord bis zur Verbindungslinie der festländischen Vorgebirge oder bis zu den äufsersten Spitzen der die Fjordwände darstellenden gröfseren Inseln gerechnet worden.

Über die Breitenangaben (Spalte 2) ist bereits das Nötige gesagt worden.

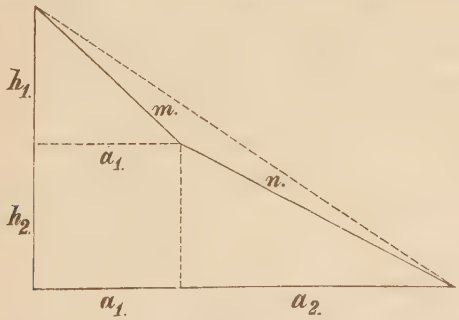
Die folgenden acht Spalten (3—10) sollen die Tiefenverhältnisse und die Form der Fjordbecken verdeutlichen. Die ersten vier Spalten (3—6) geben die Zahlen für die ganzen gröfseren Fjordbecken (Becken I. Ordnung). Die erste und dritte Zahlenreihe in Spalte 3 geben die Entfernungen vom inneren Fjordabschlufs bis zur Beckentiefe und von die serbis zur Ausgangstiefe an, die beiden anderen (fett gedruckten) Zahlen die gröfste Tiefe und die Tiefe der Eingangsschwelle bzw. des Vormeeres. Spalte 4 und 5 enthalten die mittleren Neigungswinkel des Abstiegs und Anstiegs des Fjordbodens, Spalte 6 die Angabe des Verhältnisses der Längen des Abstiegs und des Anstiegs. Zerfällt ein Fjord durch höher aufsteigende Schwellen in Teilbecken (Becken II. Ordnung), so finden sich für diese die Angaben in den Spalten 7 bis 10 in gleicher Anordnung. Auch die Werte für kleine Seitenfjorde sind hier eingestellt.

Spalte 11 giebt die Tiefen der Eingangsschwellen bzw. die des Vormeeres an[1]).

---

1) Über die Art der Berechnung der Zahlen und Werte für die Neigungswinkel und die Längenverhältnisse benötigt es noch einiger Worte.

Je nach der Anzahl der zu verwendenden Lotungen stellt sich im Längsschnitt der Abstieg und Anstieg eines Fjordbeckens als mehr oder weniger gebrochene Linie dar. Es wechseln Strecken von sehr verschiedener Neigung. Zum Zweck der Vergleichung bedarf man aber eines Mittelwertes. Nun erhält man einen solchen einmal dadurch, dafs man die Gröfse der verschiedenen Neigungen nach ihrem Gewicht berücksichtigt. Haben wir (Abbild. 2) auf die Länge a_1 eine Neigung von m auf 1 km,



Abbild. 2.

auf die Länge a_2 eine solche von n auf 1 km, so ergäbe sich eine mittlere Neigung von $\frac{a_1 m + a_2 n}{a_1 + a_2}$. Da nun $m = \frac{h_1}{a_1}$, $n = \frac{h_2}{a_2}$ ist, so folgt:

$$\frac{a_1 m + a_2 n}{a_1 + a_2} = \frac{h_1 + h_2}{a_1 + a_2}$$

oder die mittlere Neigung ist gleich dem Quotienten der Beckentiefe und der Entfernung des tiefsten Punktes vom Anfang des Beckens. Im Profil stellt sich die mittlere Neigung durch die Verbindungslinie der Schwellenhöhe und Beckentiefe dar.

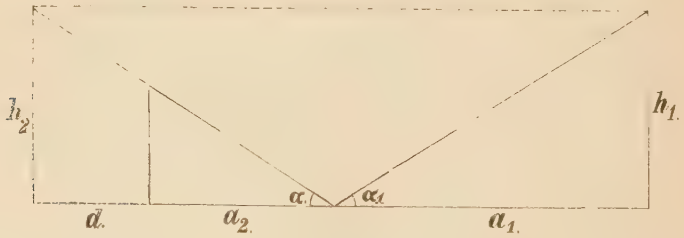
Die tabellarische Zusammenstellung aller dieser Werte und die zu diesem Zweck notwendige genaue Musterung aller Seekarten der

---

Eine andere Methode, derjenigen analog, welche zur Berechnung meteorologischer Mittelwerte benutzt wird, ist die Verwandlung der durch die gebrochene Linie und die beiden Koordinaten begrenzten Figur in ein flächengleiches rechtwinkliges Dreieck, aus dem man dann durch Division der Katheten einen Wert für die mittlere Neigung erhält.

Welcher von diesen Berechnungsarten für unsere Zwecke der Vorzug zu geben sei, ist wohl kaum zu entscheiden. Die durch die erstere berechneten Winkelwerte sind in der Regel gröfser als die Resultate der zweiten Methode; nur in den seltenen Fällen, wo auf eine gröfsere Strecke geringer Neigung eine kleine Strecke steilen Abfalls oder Anstiegs folgt, wie z. B. beim neuseeländischen Doubtful-Sund (Tafel 1 Abb. 4), sind die letzteren gröfser als die ersteren. In unserer Tabelle sind durchweg die einfacher zu findenden Werte der ersten Berechnungsart angegeben. Da die späteren theoretischen Erörterungen besonders Gewicht auf die geringe Gröfse der berechneten Neigungswinkel legen, so können die Schlüsse durch die Thatsache, dafs meist die gröfseren Mittelwerte benutzt sind, nur bekräftigt werden. Die Winkelwerte wurden berechnet, weil nach dem subjektiven Empfinden des Verfassers dieselben eine bessere Vorstellung zu geben vermögen als die Angabe der Neigungszahlen.

Bei der Feststellung des Verhältnisses der Abstiegs- und Aufstiegslängen erschien es nicht angängig, die auf den Karten abzumessenden Entfernungen direkt zu vergleichen. Die Tiefenzahlen, welche die Lage der drei in Betracht kommenden Punkte angeben, stehen nicht unter gleichen Verhältnissen. Die zu ihnen gehörigen Höhen sind nicht die gleichen, während es hier doch darauf ankommt, das Verhältnis der Strecken zu ermitteln, die zu gleichen Höhen führen. Man mufste also die Becken vervollständigen und annehmen, dafs dieselben insofern regelmäfsig seien, als die Schwelle wieder den Wasserspiegel bzw. die Höhe der vorangegangenen oder folgenden Schwelle erreiche. Es ergiebt sich aber, dafs eine derartige schematische Vervollständigung, wie sie in der Abbild. 3 angegeben ist, un-



Abbild. 3.

nötig ist. Die zu bestimmende Gröfse ist $\frac{a_1}{a_2 + d}$. Es ist identisch:

$$a_1 : a_2 + d \equiv \frac{a_1}{h_1} : \frac{a_2 + d}{h_1} \quad \text{oder nach der Figur} \quad \operatorname{ctg} a_1 : \operatorname{ctg} a_2.$$

Da die Kotangenten die reziproken Werte der Tangenten sind, so verhält sich $a_1 : a_2 + d = \operatorname{tg} a_2 : \operatorname{tg} a_1$. Es bedarf also nur einer Vergleichung der Tangenten der bekannten Neigungswinkel.

Fjordgebiete hat nun zu einigen Ergebnissen geführt, die wohl hervorhebenswert sind.

Länge und Breite der Fjorde stehen in keinem Abhängigkeitsverhältnis. Viele der langen Fjorde sind aufserordentlich schmal, während dagegen manche kleine Buchten sich durch auffallende Breite auszeichnen. Auch über das Verhältnis von Länge und Tiefe ist wenig zu sagen. In der Regel sind die längsten Fjorde auch die tiefsten (Sogne-Ardals-Fjord 187 km 1242 m; Hardanger-Fjord 156 km 800 m; Nord-Fjord 120 km 564 m; Knight Inlet 114 km 231 m). Ein regelmäfsiges Zunehmen der Tiefe mit der Länge ist aber keineswegs zu beobachten. Im Gegenteil sind sogar innerhalb einer Gruppe von Fjorden oft kleinere Fjorde tiefer als die gröfseren. So ist z. B. der der Gröfse nach neunte Fjord Neuseelands, der Milford-Sund, mit 392 m der tiefste. Ebenso ist ein Zusammenhang zwischen Breite und Tiefe, was die Fjorde als Ganzes anbelangt, nicht nachzuweisen. Betrachtet man jedoch die Fjordbucht in ihren einzelnen Teilen, so läfst sich als Regel hinstellen, dafs die Verbreiterungen des Fjordthals seichter sind als die Verengungen desselben. Besonders deutlich tritt dies hervor, wenn eine gröfsere Felseninsel das Fjordthal teilt. Im Howe-Sund liegt die gröfsere Anvil-Island. Vor ihr verbreitert sich der bis dahin 3,5 km breite Fjord auf 7,6 km, während in den durch die Insel gebildeten Engen die Breite nur 1,7 km beträgt. In der Erweiterung ist der Fjord 174 m, in den Verengungen 234 und 212 m tief. Diese Beobachtung trifft aber nur dann zu, wenn man die Fjorde als Schluchten von einer Thalwand hinüber zur anderen betrachtet. Fafst man hingegen den Fjord als Wasserstrafse auf und betrachtet seine Formen auf Karten, die, wie die unseren, nicht den Verlauf der steilwandigen Thalabhänge, sondern nur den Zug der mit Wasser bedeckten Thalbodenteile geben, so kommt man zu einer genau entgegengesetzten Beobachtung. Die Verbreiterungen der Wasserstrafse sind stets tief, die Verengungen stets seicht.

Mündet ein Seitenarm in den Hauptfjord, so entsteht dadurch in der Regel eine seeartige Erweiterung der Wasserstrafse. Stets nehmen dann die Tiefen des Haupt-Fjordes zu. Die Vereinigung des Lyster- und Aardals-Fjordes erhöht das Mafs der Tiefe des Sogne-Fjordes von 641 m auf 929 m, also um 288 m. Die Mündung des Aurland-Fjordes führt eine Vertiefung von 49 m, die des Sogndal-Fjordes eine solche von 56 m, die des Fjaerland-Fjordes eine gleiche von 131 m herbei. Nach Aufnahme aller oberen Seitenarme behält der Sogne-Fjord auf eine Erstreckung von 58 km die aufserordentlich grofse Tiefe von über 1220 m bei.

Der Sogndals-Fjord sinkt erst nach der Einmündung des Baches

des eigentlichen Sogndals auf 280 m hinab. Im Hardanger-Fjord ist gerade vor der Einmündung des Fjordes von Odde eine lokale Einsenkung von 66 m zu bemerken.

Der Nord-Fjord erhält erst nach der Vereinigung des Ejds-Fjordes mit dem bisher verschieden benannten südlichen Hauptarm die Tiefe von 564 m. Im Varanger-Fjord findet sich die gröfste Tiefe auch an der Stelle, wo er an der Südseite einige Seitenarme aussendet.

Der Breaksea-Sund in Neuseeland erreicht erst nach der Vereinigung des Vancouver- und Broughton-Armes die Tiefe von 520 m.

Man könnte Beispiele für diese Erscheinung aufserordentlich häufen. Zum Beweis der Thatsache, dafs Verengungen der Wasserstrafse in der Regel seicht sind, möchte ich auf die beigegebenen Kartenskizzen (Tafel 1 u. 2) verweisen. Sowohl im Loch Hourn, wie im Loch Creran und Loch Etive sind die schmalsten Stellen des Fjordfahrwassers auch die flachsten. Da das Eingehen auf die Theorie hier vermieden bleiben soll, so mufs die Erklärung dieser Thatsache späterer Erörterung vorbehalten sein.

In scharfen Biegungen des Fjordthales finden sich die tiefsten Stellen meist am schwächer gekrümmten Ufer.

Die tabellarische Zusammenstellung zeigt aufs deutlichste, dafs nur eine geringe Minderzahl von Fjorden einheitliche regelmäfsige Beckenform haben. Bei sehr vielen von ihnen würde eine bessere Auslotung ebenfalls noch kleinere Teilbecken unterscheiden lassen. Die meisten Fjorde bestehen aus mehreren sekundären Becken, die durch Erhebungen von einander getrennt sind. Bei einzelnen Buchten war es sogar nicht einmal möglich, ein Becken I. Ordnung ohne Willkür hervorzuheben; diese bestehen aus einer Kette nahezu gleich tiefer Einsenkungen.

Die Schwellen eines Fjordes zeigen nichts Gesetzmäfsiges. Es giebt Fjorde, in denen die Schwellentiefe gegen den Ausgang hin zunimmt, in anderen liegen die inneren Schwellen tiefer unter dem Meeresspiegel als die Eingangsschwelle der Bucht. Auch die Beckentiefen eines Fjordes sind meist sehr verschieden; eine Abnahme nach aufsen ist häufig, aber nicht die Regel.

Was nun die Neigungswinkel anbelangt, so leuchtet ein, dafs dieselben bei den gröfseren Becken, soweit sie thatsächlich einheitlich sind, äufserst gering sind. Die gröfseren Fjorde sind durchweg sehr flache Einsenkungen. Es ist besonders hervorzuheben, dafs selbst im Sogne-Fjord trotz der grofsen Tiefe von 1242 m der Neigungswinkel des Beckenabstiegs nur 0° 39′, des Anstiegs 1° 2′ beträgt. In der Regel halten sich die Werte für ersteren in den Grenzen von 0° 30′ bis 1° 30′, für letzteren in denen von 1° 30′ bis 2° 30′. So starke Neigungen, wie

wir sie beispielsweise im Caswell-Sund (7° 7′) und im Nancy-Sund (6° 54′) finden, sind Seltenheiten. Die Neigungswinkel der kleineren Teilbecken sind dagegen häufig bedeutend gröfser. Winkel von 3 bis 6° kommen mehrfach vor, ja in einem irischen Lough, dem Sligo Harbour, wird sogar ein Maximum von 35° 24′ für den Abstieg erreicht. Die stärksten Neigungen weisen meist die kleinen im äufsersten Hintergrund der Fjorde liegenden Becken auf.

Die Vergleichung der Winkelwerte lehrt, dafs meist die Abstiegswinkel kleiner sind als die Anstiegswinkel. Zu dem gleichen Ergebnis führt die Vergleichung der Abstiegs- und Anstiegslängen. Eine Gesetzmäfsigkeit der Form der Fjordbecken ist allerdings nicht festzustellen. In 163 von den 208 Beispielen unserer Tabelle liegt die gröfste Tiefe dem Fjordausgang oder der das Becken abschliefsenden Bodenanschwellung näher als dem inneren Fjord- bzw. Beckenanfang. In den übrigen 45 Fällen ist das Gegenteil zu beobachten, und es finden sich sogar einzelne Beispiele sehr schnellen Abstiegs und langsamen Aufstiegs (Doubtful-Sund, Call Creek, Loch Torridon, Sligo Harbour). Die Zusammenstellung der Tiefen der Eingangsschwellen zeigt eine sehr bedeutende Verschiedenheit. Selbst in eng begrenzten Teilen eines Fjordgebietes ist eine Übereinstimmung der Eingangstiefen benachbarter Fjorde nicht zu bemerken. Wenn hier die Bezeichnung Eingangsschwelle übernommen ist, so soll damit keineswegs gesagt werden, dafs die angeführten Erhebungen stets genau im Eingang der Fjordbucht liegen. Häufig liegen dieselben vielmehr im Inneren derselben, während im Eingang eine Vertiefung zu finden ist. Falls die angegebene Zahl nicht die Tiefe des Vormeeres anzeigt, was in der Regel zutrifft, bezeichnet sie nur die dem offenen Meer nächste Erhebung des Fjordbodens. Aus den Angaben der Entfernungen ist in jedem Fall die Lage derselben im Fjord und vor demselben leicht zu berechnen.

Auf die Frage, woraus diese überall nachzuweisenden Erhebungen in den Fjordbecken, die Schwellen am Eingang der Fjordeinschnitte bestehen, näher einzugehen, ist an dieser Stelle unangebracht. Es wäre dabei ein Eingehen auf die Theorien unabweisbar. Erwähnt aber mag auch hier schon werden, dafs, soweit Beobachtungen angestellt worden sind, Aufsen- und Binnenschwellen aus anstehendem Gestein bestehend gefunden sind.

Die früher geschilderte Steilheit der Fjordwände über dem Wasser setzt sich auch unter dem Wasserspiegel fort. Vibe fand beim Angeln 40—50 m vom Ufer mit einer Leine von 150 m keinen Grund mehr[1]);

[1]) Vibe a. a. O. S. 9 Anm. 1.

es weist dies auf einen Böschungswinkel von ungefähr 72° hin. Im Franz Josefs-Fjord konnte die „Germania“ dicht am Land mit über 180 m keinen Ankergrund finden[1]). Vogt erzählte von seiner Nordlandsfahrt, dafs nach Einlaufen in den Fjord von Bergen das Schiff so dicht an das Ufer heranfahren konnte, dafs die Reisenden vom Bordrand an das felsige Gestade zu springen vermochten[2]), und Dana[3]) berichtet von Kolumbia, dafs ein in den Fjord einsegelndes Schiff eher mit den Raen den Pallisadenwall der Fichten als mit dem Kiel den Boden berühre.

Genauere Querschnitte von Fjorden zu zeichnen, ist überall da unmöglich, wo wir nur eine Tiefenzahl in der Mitte des Fjordes besitzen. Profile würden in diesem Fall nur insofern Wert haben, als sie das Verhältnis der überragenden Höhen zu der Fjordtiefe versinnbildlichten. Doch möge immerhin bemerkt werden, dafs die mittlere Neigung der untermeerischen Fjordwände im Lyse-Fjord bei 428 m Tiefe 37½°, im Hardanger-Fjord bei 800 m etwas über 25°, im Sogne-Fjord an der tiefsten Stelle auf der Nordseite 28½°, auf der Südseite fast 34° beträgt.

Wo die Seekarten jedoch eine Reihe von Lotungen quer über den Fjord aufweisen, ist es leicht, auch gute Querprofile herzustellen. Auf Tafel 3 sind einige solcher nach guten Lotungen gezeichneten Querschnitte zusammengestellt. Alle diese Beispiele vom George-Sund, vom Loch Hourn, vom Nord-Fjord und die nach Jensen's Lotungen gezeichneten Querprofile durch den Sermilik- und Fiske-Fjord[4]) ebenso wie unsere genauen Tiefenkarten auf Tafel 1 und 2 bestätigen eine Trogform der Fjorde im Querschnitt. Die Wände fallen steil zur Tiefe ein, aber der eigentliche Fjordboden ist nur wenig geneigt und eben[5]). Die einfache Trogform ist die Regel; nicht selten weist aber auch der Querschnitt gewisse Unregelmäfsigkeiten auf. Zuweilen scheidet ein untermeerischer Rücken den Fjord in zwei parallele Rinnen. Ragt dieser Rücken aus dem Wasser heraus, so entstehen die Inselreihen, die so häufig das Fjordfahrwasser teilen.

---

[1]) Die zweite deutsche Nordpolarfahrt II, S. 665.

[2]) C. Vogt, Nordfahrt S. 29.

[3]) Dana, American Journal of Science Ser. II 7, 1849, S. 379.

[4]) Meddelelser om Grönland I, S. 31 und 33.

[5]) Vgl. auch das Blatt: Profiler til Fiskekartet over Vestfjorden. 1869. — Auch bei den Querschnitten entstellt die leider nötig gewesene (fünffache) Überhöhung das Bild und erweckt übertriebene Vorstellungen von der Steilheit der Seitenwände. Aus diesem Grunde sind bei den drei Profilen vom Nord-Fjord in die überhöhte Zeichnung die wahren Neigungswinkel eingetragen worden.

Bei den acht Profilen der grönländischen Fjorde (Tafel 3 Abb. 4 und 5) verdient besonders hervorgehoben zu werden, wie verschieden die Formen des Fjordes im Querschnitt an nahe aneinander liegenden Uferpunkten sein können.

IV. Die über- und untermeerischen Fortsetzungen der Fjorde.

Die meisten Fjorde werden in ihrem inneren Ende von übermeerischen Gebirgsthälern fortgesetzt, die gewöhnlich mit ziemlicher Steilheit sich in die höheren Gebirgsteile erheben. Diese Thäler stimmen in allen Einzelheiten ihrer Formen mit denen der sich an sie anschliefsenden meererfüllten Fjordbuchten überein. Einmal finden wir in ihnen dieselben steilen Abhänge; nur wird häufig der Übergang von den steilwandigen Felsabstürzen zu der flachen Sohle des Thales durch Schuttkegel gemildert. Am auffälligsten ist die Übereinstimmung im Längsschnitt. In den meisten Fällen erhebt sich der Thalboden vom Ende des Fjordes ab in mehreren Terrassen. Diese Thalstufen sind aber nicht wie in unseren Alpenthälern flach sich ausbreitende Thalböden, sondern in der Regel liegen in allen Thälern, wie Perlen aneinander gereiht, langgestreckte Binnenseen, die wie die Fjorde die ganze Breite und häufig auch die ganze Länge des Thales ausfüllen, so dafs es keinen eigentlichen Flufs, sondern nur eine Reihe von Seen mit dazwischen liegenden Kaskaden und Stromschnellen giebt. Zuweilen findet man diese Seen hinter einem Wall von Geschiebemassen, hinter einer Moräne. In diesem Fall erhebt sich dann der Thalboden in der Gestalt mehrerer niedriger Stufen zur Höhe der Moräne, und man hat dann von dieser zu dem tiefer liegenden Seespiegel hinabzusteigen. Weitaus häufiger jedoch liegen die Seen nur hinter einer Erhebung des festen Thalgrundes, welche die Höhe der folgenden Thalterrasse bestimmt. Viele dieser Seen sind durch bedeutende Tiefen ausgezeichnet und reichen oft Hunderte von Metern unter den Fjordspiegel. Der Hornindalenvand in der Verlängerung des Ejds-Fjordes erreicht eine Tiefe von 486 m; da er 54 m über dem Meer liegt, so geht er bis in eine Tiefe von 432 m unter das Meeresniveau hinab. Ähnliche Tiefen weisen der Bredeinsvand, der Aardalsvand und andere auf[1]).

Legt man nun einen Längsschnitt durch ein solches Thal, so wiederholt das Profil genau die in den Fjordprofilen beobachtete Form. Den Binnenbecken der Fjorde entsprechen die Einsenkungen der Seen, den Schwellen die absperrenden Thalriegel oder die aufstauenden

[1]) A. Helland, On the fjords, lakes and cirques in Norway and Greenland. Quart. Journal of the Geological Society, Vol. 33, S. 169.

Moränenwälle. Solche Thäler sind eben Fjordthäler, die Seen landeinwärts gerückte Fjorde. Man könnte sie als eine dritte Gruppe, als beiderseitig geschlossene Fjorde, den beiden anderen zur Seite stellen.

Die Erforschung der Fjordseen ist zur Zeit noch so wenig weit vorgeschritten, dafs ein Studium der Formen derselben noch ausgeschlossen bleibt. Nur in Schottland hat die Landesaufnahme auch zur Auslotung von Binnenseen in der Fjordregion geführt. Hier hat sich nun ein weiteres Moment der Ähnlichkeit zwischen Fjorden und Fjordseen ergeben. Auch die Seen, als Becken I. Ordnung, werden durch aufsteigende Schwellen in mehrere untergeordnete Becken geteilt. In Perthshire liegen im Flufsgebiet des Tay und Earn vier Seen, die Lochs Rannoch, Thummel, Tay und Earn[1]). Finden wir sie auch nicht in den Thalfortsetzungen westlicher Saltwaterlochs, so entsprechen sie doch ganz den Fjordseen auf der Westseite. Sie sind ebenso schmal wie diese, 0,8—1,2 m breit, von steilen Wänden umgeben und von bedeutender Tiefe. Der Loch Rannoch ist 128 m, der Loch Tay 156 m, der Loch Earn 88 m tief; Loch Tay reicht 50 m unter den Meeresspiegel hinab. Im Loch Rannoch verhält sich der westliche Abstieg zum östlichen Anstieg wie 10,3 : 47,4, im Loch Tay wie 10,4 : 17,3. Im Loch Rannoch unterbricht den sehr sanften Anstieg nach Westen eine Schwelle von 10 m Tiefe und sondert so ein kleines Becken von 25 m Tiefe gerade vor der Mündung des Ericht ab. Im Loch Tay liegt eine Erhebung von 82 m unter dem Seespiegel zwischen zwei Einsenkungen von 156 und 92 m Tiefe. Der Loch Thummel endlich zerfällt durch zwei Schwellen von 15 und 16 m Tiefe in drei Becken von 38, 36 und 30 m unter dem Seespiegel.

In dem westlichen Fjordgebiet entspricht der Loch Awe auch in seiner Richtung den Küstenfjorden. In seinem östlichen Teil, also von der Einmündung des Urchay River bis zur Ecke Innis Chonain und dann nordwestlich bis zur Mitte des engen Brander-Passes, stellt der See ein Becken von 55—71 m Tiefe dar. Dann erhebt sich eine Schwelle auf 16 m Tiefe, aber kurz darauf sinkt der Boden wieder auf 38 m, gerade dort, wo der Abflufs des Lochan an Cuaig in die enge Wasserstrafse einmündet. Der Awe-Flufs stürzt dann in Fällen zum Loch Etive hinab. Eine inselbesetzte Schwelle, die an den drei tiefsten Punkten 7, 29 und 31 m tief ist, trennt von diesem östlichen Teil den westlichen Arm des Sees. In ihm kann man drei Becken von 49, 62 und 93 m hinter Schwellen von 27 m unter dem Spiegel des Lochs unterscheiden.

---

[1]) J. S. G. Wilson, A bathymetrical survey of the chief Perthshire lochs. Scot. Geogr. Mag. 1888, S. 251 ff.

Die Seen in der Fortsetzung der Fjorde sind für diese insofern von Wichtigkeit, als durch sie die Ausfüllung der Fjorde mit den Sedimentmassen der Flüsse für die nächste Zukunft verhindert wird. Die Fjordseen sind die Klärungsbassins der Gebirgsgewässer; in ihnen lagern Bäche und Flüsse ihre Schwemmstoffe ab, so dafs sie dann in den Fjord selbst völlig rein einmünden. Alle Fjorde, die des Schutzes eines Binnensees stets entbehrt haben, oder deren Schutzseen im Lauf der Jahrtausende zu Mooren umgewandelt sind, sind in ihren innersten Teilen flach, versandet und sumpfig und gehen dadurch der Ausfüllung entgegen. Die nördlichen Fjorde Schottlands, die irischen Loughs, die Fjorde von Maine verdanken diesem Umstand ihre geringe Tiefe. Wie schnell der Versandungsprozefs vor sich gehen kann, zeigt in letzterem Gebiet ein Vergleich älterer und neuerer Karten[1]). So wies im Jahr 1862 der Fjord Robin Hood Cove mehrere 48 m tiefe Becken auf, heute ist er bis auf 1—2 m versandet. Die Becken in der Fjordstrafse Back River zeigen heute 2—4 m Tiefe, wo 1862 Einsenkungen von 45 bis 60 m lagen. Der irische Sligo Harbour, den wir schon mehrfach erwähnten, ist eins der besten Beispiele für einen dem Untergang entgegengehenden Fjord. Er war einst ein typischer, über 11 km langer, 0,5—2,5 km breiter Fjord, der sehr bedeutende Tiefen aufwies. Heute ist er so versandet, dafs aufser einer schmalen, zwischen 7 und 42 m Tiefe wechselnden Rinne die ganze Bucht bei Niedrigwasser 1½—2 m über dem Meeresniveau liegt. Im Eingang bei der Oester-Insel erinnert nur noch die Einsenkung von 143 m an die einstigen grofsen Tiefen. Ist die Eingangsschwelle eines Fjordes sehr seicht, so kann bei geringer Gezeitenwirkung durch Aufhäufung von losem Material der ganze Fjord abgeschnürt und zu einem Freshwaterloch werden.

Trotz schützender Fjordseen kann die Ausfüllung dennoch vor sich gehen, wenn der Flufs, nachdem er den See verlassen, Gelegenheit findet, neue Sedimentmassen aufzunehmen. Der innerste Teil des Fjordes von Odde ist von sehr geringer Tiefe, weil der Abflufs des Sandvenvand stetig Teile der den See aufstauenden Moräne, über die er in ansehnlichen Fällen hinströmt, in dem Sör-Fjord ablagert. Der Schlamm, der den Pudde-Fjord fast erfüllt, ist die Ablagerung der Produkte, die aus der Stadt Bergen stammen. Mündet nun gar ein Gletscherabflufs oder ein Gletscher selbst in einen Fjord, so schreitet die Ausfüllung aufserordentlich schnell vor. Brown berichtet aus Grönland, dafs die Gletscher so enorme Massen von feinem Material in die Fjorde senden, dafs auf weite Strecken hin das Wasser der Fjorde milchweifs gefärbt ist[2]). Vor dem Frederikshaab Isblink lagert

[1]) Remmers a. a. O. S. 31.

[2]) Peterm. Geogr. Mittlg. 1871, S. 383.

eine breite Zone feiner lehmiger Anschwemmungen[1]). Der innerste Teil des Ameralik-Fjordes ist auf fast 8 km von Schlammmassen derart angefüllt, dafs selbst das Fahren eines leichten Bootes unmöglich ist. Nansen erzählt, mit welchen Schwierigkeiten es verbunden gewesen sei, durch den zähen Lehm der Fjordbucht zu stampfen und das „halbe Boot" bis an das tiefere Fjordwasser zu ziehen[2]).

Den Fjorden ist nur eine vergängliche Existenz beschieden; wenn einst die Seenketten der Fjordthäler verschwunden sind, wird allen Fjorden die Vernichtung drohen.

Eine andere für das Fjordphänomen besonders wichtige Erscheinung, auf die bisher noch viel zu wenig, eigentlich nur von Helland[3]), geachtet wurde, ist die Thatsache, dafs einige der Fjorde, vielleicht auch alle, auch zum umgebenden Meer hin über die jetzige Küstenlinie hinaus, deutlich erkennbare Fortsetzungen haben. Die interessante Karte in Geikie's „The Great Ice Age", welche Schottland bei einem 183 m niedrigeren Meeresstand darstellt, läfst deutlich erkennen, wie einzelne Fjorde sich nicht nur in den Sunden zwischen den grofsen Inseln, sondern auch noch über diese hinaus in dem Gebiet der Flachsee fortsetzen. So geht z. B. das Loch Hourn in den tiefen Sleat-Sund über, und eine Rinne mit wechselnden Tiefen ist in dessen Fortsetzung bis dicht an den Absturz des 200 m-Plateaus zu verfolgen, wo sich in einem breiten Becken die unterseeische Rinne des Minch-Kanals und des Sleat-Sundes vereinigen. Auch aus dem Loch Sunart heraus läuft eine unterseeische Rinne an der Ostseite von Coll und Tiree entlang.

Am deutlichsten tritt diese Erscheinung an der skandinavischen Fjordküste hervor. Genaue Aufnahmen[4]), die man im Interesse der Fischerei in dem Teil zwischen dem Ausgang des Nord-Fjordes und dem Lofoten-Fjord vorgenommen hat, haben den Erweis gebracht, dafs von einer zusammenhängenden Küstenbank nicht die Rede sein kann, dafs vielmehr das ganze an Breite nach Norden zunehmende Plateau durch einzelne tiefere Rinnen in Teile zerlegt ist. Diese Rinnen entsprechen ganz genau den Fjorden des Küstenlandes. Aus dem Nord-Fjord hinaus führt ein solches untermeerisches Thal an der Westküste von Vaagsö vorbei erst nach N und dann nach W hinaus in die See. Dem Fjord von Aalesund entspricht die Bredsund-Tiefe, die aus dem

[1]) Meddelelser om Grönland I, Kaart C.

[2]) Nansen a. a. O. II, S. 186—188.

[3]) Helland, Quart. Journ. of the Geol. Soc., vol. 33., S. 175.

[4]) Karter over havbankerne längs den Norske kyst, fra Stadt til Smölen 1873; fra Stadt til Harö 1870.

Vanelvs-Fjord und dem Sildegabbet Zuflüsse erhält, dem Romsdals-Fjord die Rinne, die zum fischreichen Storeggen führt. Der Tronthjem-Fjord biegt nach seiner Mündung nach Nordosten um und setzt sich in tiefem ununterbrochenen Zug in dieser Richtung fort, bis er in ein nach W führendes Thal ausläuft. Ähnliche Fortsetzungen hat der Folden-Fjord, der Bindals-Fjord, der Rauen-Fjord, und auch der Vest-Fjord läfst eine tiefe Rinne in der Verlängerung des Lofoten-Fjordes erkennen[1]). Derart treffliche Beispiele, wie aus Norwegen, lassen sich aus anderen Fjordgebieten zur Zeit noch nicht anführen. Es ist aber zu vermuten, dafs bessere und vermehrte Lotungen in den Vormeeren überall die Verbindung der schon heut bekannten tieferen Stellen zu Rinnen ermöglichen werden.

Auch die untermeerischen Fjordrinnen wiederholen im Quer- und Längsschnitt die Formen der Fjorde und der überseeischen Thäler. Als steilwandige, aber flachbodige Risse zerfallen auch sie durch Erhebungen in einzelne untermeerische Seebecken. In der Bredsund-Tiefe wechseln Tiefen von 293 und 303 m mit Erhebungen von nur 180 m, und in dem unterseeischen Trondhjem-Fjord stehen Erhebungen von 200 m im Gegensatz zu Becken von 305 und 444 m Tiefe.

Einige Eigentümlichkeiten des Fjordwassers, die auffallende Aussüfsung der Oberflächenschicht der ruhigen Fjordgewässer durch die Mengen des sommerlichen Schmelzwassers und die Stetigkeit der hohen Tiefentemperatur, mögen hier nur erwähnt werden. Wie Vogt[2]) für ersteres, so hat Mohn[3]) für die letztere Thatsache die Erklärung durch den Hinweis auf die Besonderheiten der Fjordformen gegeben.

V. Allgemeine Ergebnisse.

Somit sind wir mit der zum Zweck der Bestimmung des Inhaltes des Fjordbegriffes angestellten Betrachtung der eigentlichen Fjordformen am Ende. Die allgemeinen Ergebnisse sind in kurzem folgende:

1. Es ist zu unterscheiden zwischen Fjordbuchten oder eigentlichen Fjorden, Fjordstrafsen oder Sunden, und Fjordseen.
2. Fjordbuchten sind Meeresarme, die senkrecht oder unter steilen Winkeln zur Küste in das Land hineinschneiden und sich dort meist verästeln. Sunde sind durch Konvergenz von Fjordbuchten oder durch die Verbindung von Fjordbuchten mit einer der Küste parallelen Rinne gebildete beiderseitig

---

[1]) Fiskekart over den indre del of Vestfjorden i Lofoten. Krist. 1869. 1 : 100 000. 4 Blatt.

[2]) Vogt a. a. O. S. 78—79.

[3]) Mohn, Peterm. Geogr. Mittlgen. 1880, Erg.-Heft 63, S. 15.

offene Wasserstrafsen; Fjordseen sind beiderseitig geschlossene Binnenfjorde.

3. Fjorde treten stets gesellig auf.
4. Die Gesamtheit der Oberflächenformen eines Fjordgebietes ist durch Parallelität der Elemente der Küstenzone einheitlich verbunden.
5. Fjorde sind von geringer, auf längere Erstreckungen hin gleichbleibender Breite. Die Länge übertrifft die Breite stets um ein Vielfaches.
6. Das Mafs der Ausbildung des Fjordphänomens ist von der mehr oder minder grofsen Erhebung des Landes abhängig.
7. Sundbildung und Inselabschnürung finden sich besonders ausgebildet an flachen Küstenteilen.
8. Die Wände der Fjorde über und unter dem Wasserspiegel sind steil. Der Querschnitt zeigt eine Trogform mit steilem Abfall und flachem Boden.
9. Durch den Gegensatz der Fjordtiefen und des flachen Vormeeres stellen die Fjorde geschlossene Becken dar. Soweit diese Becken einheitlich sind (Becken erster Ordnung), sind sie stets sehr schwach geneigt.
10. Die meisten Fjordbecken werden durch höher aufsteigende Schwellen in Binnenbecken geteilt. Diese Becken zweiter Ordnung sind in der Regel stärker geneigt.
11. Eine Regelmäfsigkeit der Form dieser Becken ist nicht nachweisbar.
12. Die Fortsetzungen der Fjorde, übermeerisch in Fjordthälern, untermeerisch in Fjordrinnen, stimmen in allem mit den Formen der Fjorde überein.

Als Definition des Begriffes „Fjord“ ergiebt sich demnach:

Fjorde sind gewundene, steile und tiefe Buchten und Meeresstrafsen an gebirgigen Festlands- oder Inselküsten, die im Querschnitt eine Trogform, im Längsschnitt ein zwischen sanften Wölbungen und seichten Mulden unruhig wechselndes Bodenrelief aufweisen. Die durch Fjordbildungen ausgezeichneten Küsten sind durch die stets in grofser Anzahl auftretenden Buchten und Strafsen sehr zerrissen und inselreich.

VITA.

Natus sum Paulus Ludovicus Dinse anni 1866 a. d. VIII. Id. Sept. in libera republica Hamburgensi, patre Augusto, matre Ludovica, e gente Sedinensi Dannien, quibus parentibus carissimis adhuc viventibus summopere gaudeo. Fidei addictus sum evangelicae.

Primis litterarum elementis Berolini in gymnasio, quod a viro clarissimo Alexandro de Humboldt nomen trahit, imbutus anno 1884 gymnasium Fürstenwaldense, quod adhuc rectore O. Buchwald floret, adii.

Vere ineunte anni 1886 testimonio maturitatis instructus in universitatem Philippinam Marburgensem me contuli, ut studiis philologicis historicis, imprimis autem geographicis me darem. Docuerunt me professores illustrissimi de Below, Birt, Fischer, Kayser, Lenz, Niese, Varrentrapp, Wissowa.

Ter sex mensibus peractis anno 1887 Berolini inter cives universitatis litterariae Fridericae-Guilelmae receptus per quinquies sex menses audivi viros doctissimos Bresslau, Dames, Delbrueck, Diels, Dilthey, Geiger, Harnack, Hirschfeld, Huebner, Jastrow, Kiepert, Koser, Loewenfeld †, Paulsen, de Richthofen, Rothstein, de Treitschke. Benigne concesserunt de Below, Bresslau, Delbrueck, Koser, Varrentrapp, Wissowa, ut exercitationibus historicis et philologicis interessem; per quinque annos colloquio geographico liberi baronis de Richthofen interfui.

Anno 1891 examen pro facultate docendi sustinui. Per annum 1892 Berolini stipendia feci.

Omnibus de me optime meritis viris, et magistris gymnasii Fürstenwaldensis et professoribus, gratias ago quam maximas; imprimis vero F. de Richthofen, quem summa cum benevolentia studiis meis favisse pio animo confiteor. Cuius ex consiliis et familiaritate uberrimum semper fructum percepi.

THESEN.

1. Für die kolonisatorischen und civilisatorischen Bestrebungen der europäischen Mächte auf centralafrikanischem Boden wäre es von Vorteil, wenn man sich dazu entschlösse, die religiöse, politische und wirtschaftliche Selbständigkeit des Negers mehr als bisher zu berücksichtigen.
2. Schon in Anaximander's kosmogonologischem System ist die Rotation der Materie die weltordnende Kraft.
3. Der Darstellung von Höhenverhältnissen und Oberflächenformen der Erde durch Profilzeichnung und plastische Reliefs ist in allen Fällen, in denen die Rücksicht auf Deutlichkeit die Anwendung einer Überhöhung erfordert, nur ein bedingter Wert beizumessen.